



TESIS

**PENGEMBANGAN MODEL DAN SKENARIO UNTUK
KONSERVASI ENERGI LISTRIK DENGAN
MENGUNAKAN SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS :
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER,
SURABAYA)**

**MAUREN NATALI SUMULE
05211050010010**

**DOSEN PEMBIMBING
Erma Suryani, Ph. D**

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN SISTEM INFORMASI
DEPARTEMEN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



THESIS

**DEVELOPING MODEL AND SCENARIOS OF
ENERGY CONSERVATION USING SYSTEM
DYNAMICS (STUDY CASE : INSTITUTE OF
TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER,
SURABAYA)**

**MAUREN NATALI SUMULE
05211050010010**

**SUPERVISOR
Erma Suryani, Ph. D**

**POSTGRADUATE PROGRAM
DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEM
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Mauren Natali Sumule
NRP. 05211050010010

Tanggal Ujian : 13 Juli 2018
Periode Wisuda : September 2018

Disetujui Oleh :

1. Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197004272005012001



(Pembimbing)

2. Dr.Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom
NIP. 197712172003121001



(Penguji 1)

3. Dr. Apol Pribadi, S.T., M.T
NIP. 197002252009121003



(Penguji 2)

Dekan

Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi



Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom

NIP. 19720809 199512 1 001

PENGEMBANGAN MODEL DAN SKENARIO UNTUK KONSERVASI ENERGI LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS : INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER, SURABAYA)

Nama Mahasiswa : Mauren Natali Sumule
NRP : 05211050010010
Pembimbing : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah kebutuhan utama manusia untuk mengoperasikan peralatan elektronik yang dimiliki oleh manusia. Energi listrik diperoleh dari pemanfaatan minyak, batu bara, dan gas alam yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Akan tetapi ketersediaannya saat ini semakin sedikit. Sedangkan energi listrik juga merupakan kebutuhan generasi yang akan datang. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha agar kebutuhan generasi mendatang terhadap energi listrik masih dapat terpenuhi.

Salah satu upaya untuk menjaga ketersediaan energi listrik yaitu dengan melakukan upaya konservasi energi. Pengertian konservasi energi adalah kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang diperlukan. Secara sederhana, konservasi energi adalah proses penghematan energi. Kegiatan konservasi energi bisa diterapkan pada dunia pendidikan, salah satunya Perguruan Tinggi. Perguruan Tinggi dapat dianggap sebagai “kota kecil” karena memiliki luas yang cukup besar, jumlah populasi yang cukup besar yang terdiri dari mahasiswa, staf pengajar dan karyawan serta berbagai aktivitas di area kampus yang memiliki dampak baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan. Untuk mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi upaya konservasi energi pada Perguruan Tinggi maka dilakukan penelitian mengenai hal tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor – faktor yang mempengaruhi upaya konservasi energi pada Perguruan Tinggi. Penelitian dilakukan dengan mempelajari penelitian – penelitian sebelumnya mengenai konservasi energi kemudian akan dilakukan pembuatan model simulasi dengan menggunakan metode sistem dinamik untuk menggambarkan hubungan sebab akibat (causal) dari faktor – faktor yang telah diidentifikasi. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi mengenai hal – hal yang meningkatkan atau menghambat upaya konservasi.

Kata kunci : konservasi energi, sistem dinamik

DEVELOPING MODEL AND SCENARIOS OF ENERGY CONSERVATION USING SYSTEM DYNAMICS (STUDY CASE : INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER, SURABAYA)

Student's name : Mauren Natali Sumule
NRP : 05211050010010
Supervisor : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRACT

Electricity is one of human's need to operate all the electronic appliances. Electricity that we used is generated from crude oil and coal. Both are non-renewable natural resources and limited in availability. While electricity is also the next generation's need. Therefore, we need an effort to guarantee the availability of electricity in the future.

One of effort to guarantee the availability of electricity in the future is energy conservation effort. Energy conservation is the effort of using energy efficiently and rationally. In other words, energy conservation is energy saving. Energy conservation can be done in higher education because it is a "small city" which has many populations and they use electricity in their main activities. Study about electricity saving in higher education are studied to identify the effort.

This research is aimed to identify factors affected energy conservation in higher education. This research will use system dynamics to describe the causal relationship among the factors. The contribution of this research is to find out what factors will impact the energy conservation.

From the study, one of the effort is to reduce the duration of use. So this research aims to know how much saving are obtained if we reduce the duration of use by using system dynamics.

Keywords : system dynamics, energy conservation

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul : **PENGEMBANGAN MODEL DAN SKENARIO KONSERVASI ENERGI MENGGUNAKAN SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS : INSTITUT TEKNOLOGI SURABAYA).**

Tesis ditulis dalam rangka memenuhi sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang terlibat dalam penyelesaian tesis ini yaitu :

1. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, M.ScES., PhD sebagai Rektor ITS.
2. Ibu Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing yang telah memberikan waktu dan pemikirannya dalam penyusunan tesis ini.
3. Bapak Dr.Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom dan Bapak Dr. Apol Pribadi, S.T., M.T selaku penguji, yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tesis ini.
4. Mbak Vian karyawan Tata Usaha Sistem Informasi yang telah membantu memberikan semangat dan respon yang baik dalam memberikan informasi mengenai jadwal yang berkaitan dengan tesis.
5. Bapak Ardi Purwono, S.T. selaku Kepala Seksi Perawatan Prasarana dan Lingkungan ITS beserta staf yang telah membantu dalam memberikan informasi yang dibutuhkan dalam penyusunan tesis ini.
6. Orang tua yang tidak henti – hentinya mendoakan sehingga penyusunan tesis ini bisa selesai dengan baik.
7. Teman – teman CG : Serlyta, Septi, Ika, Vany, Merry, Erick, Lia, Rudy yang setia memberikan dukungan semangat dan doa sehingga penyusunan tesis ini bisa selesai dengan baik.

Tesis ini masih sangat jauh dari sempurna, untuk itu penulis mohon maaf dan berharap adanya kritik dan saran untuk perbaikan di masa yang akan datang. Terimakasih.

Surabaya, 29 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	i
Abstrak	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Kontribusi Penelitian.....	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sustainability	5
2.2 Kampus ITS.....	9
2.3 Sustainability dan Sistem Informasi.....	11
2.4 Konservasi Energi	17
2.5 Sistem Dinamik	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. Studi Literatur	26
3.2. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian	26
3.3. Pembuatan Causal Loop Diagram.....	26
3.4. Pembuatan Stock & Flow Diagram.....	27

3.5.	Penentuan Persamaan Matematis	27
3.6.	Simulasi Model.....	27
3.7.	Validasi	28
3.8.	Penyusunan Skenario	28
DAFTAR PUSTAKA.....		29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Framework pendekatan pencapaian <i>sustainability</i> kampus	5
Gambar 2.2. Informasi tagihan listrik gardu kampus 2015-2016	10
Gambar 2.3. Informasi tagihan listrik gardu rektorat 2015-2016	10
Gambar 2.4. Konfigurasi sistem konservasi energi pada toko serba ada.....	17
Gambar 2.5. Sistem kontrol konservasi energi	19
Gambar 2.6. Hasil Penelitian (Emeakaroha, An, Yan, & Hopthrow, 2014).....	21
Gambar 2.7. Causal Loop Diagram Populasi.....	22
Gambar 2.8. Stock & Flow Diagram	23
Gambar 2.9. Stock & Flow Diagram Populasi	23
Gambar 3.1. Alur Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 3.2. Causal Loop Diagram Komsumsi Listrik.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Permen ESDM No 28 Tahun 2016.....	11
Tabel 2.2. Matrix Pertanyaan Penelitian oleh Watson et al.....	15
Tabel 2.3. Pertanyaan Penelitian oleh Melville.....	16
Tabel 2.4. Usaha Konservasi Pada Berbagai Peralatan.	19

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan dalam kehidupan sehari – hari manusia untuk menjalankan peralatan elektronik yang menunjang aktivitas manusia. Contohnya : energi listrik dibutuhkan untuk penerangan, untuk memberikan daya bagi peralatan elektronik dan mesin. Energi listrik yang dibutuhkan dihasilkan dari sumber daya alam. Sumber daya alam penghasil energi listrik dibagi dua, yaitu : sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan sumber daya alam yang tidak terbatas jumlahnya. Contoh sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, misalnya : minyak, batu bara, dan gas alam, sedangkan contoh sumber daya alam yang tidak terbatas jumlahnya, misalnya : angin, air, tenaga gelombang yaitu kekuatan ombak dan pasang surut air laut, matahari. Pemanfaatan sumber daya alam yang paling banyak digunakan untuk menghasilkan energi listrik yaitu dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Akan tetapi jumlahnya saat ini sangat terbatas. Hal tersebut dipengaruhi oleh penggunaannya yang cukup besar karena kebutuhan manusia terhadap energi listrik semakin bertambah. Agar kebutuhan manusia terhadap energi listrik tetap dapat dipenuhi, maka manusia mulai beralih untuk memanfaatkan sumber daya alam yang jumlahnya tidak terbatas sebagai penghasil energi. Akan tetapi pemanfaatan sumber daya alam yang jumlahnya tidak terbatas membutuhkan teknologi untuk menghasilkan energi sehingga diperlukan biaya yang cukup besar untuk membangun teknologi tersebut.

Cara lain yang dapat digunakan agar kebutuhan manusia terhadap energi listrik tetap dapat dipenuhi, maka perlu dilakukan upaya penghematan energi listrik. Upaya ini disebut dengan konservasi energi, yaitu kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang diperlukan. Penghematan energi perlu dilakukan karena tingginya ketergantungan terhadap sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Penghematan energi juga sangat diperlukan karena masih ada masyarakat yang belum menikmati listrik, sedangkan investasi untuk pembangunan pembangkit cukup tinggi. Dengan dilakukannya

penghematan listrik maka dapat membantu mengurangi subsidi yang dapat digunakan untuk pembangunan infrastruktur, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan meningkatkan akses energi listrik ke seluruh masyarakat.

Penggunaan energi yang optimal sesuai kebutuhan dapat membantu menurunkan biaya energi yang dikeluarkan. Dengan adanya konservasi energi, maka dapat memelihara *sustainability* sumber daya alam yang digunakan untuk menghasilkan energi. Salah satu bentuk dari konservasi energi yaitu dengan melakukan kontrol terhadap penggunaan energi listrik dengan cara melakukan pantauan terhadap perilaku penggunaan peralatan listrik kemudian dianalisa apakah terjadi pemborosan atau tidak selama pemakaian peralatan tersebut. Pemborosan terjadi jika peralatan listrik terus terhubung ke listrik sementara peralatan tersebut tidak digunakan. Jika dilakukan monitoring maka dapat dilakukan efisiensi penggunaan energi listrik.

Penghematan energi juga merupakan tanggung jawab perguruan tinggi, karena perguruan tinggi dapat disebut dengan “kota kecil” karena memiliki luas yang cukup besar, jumlah populasi yang cukup besar yang terdiri dari mahasiswa, staf pengajar dan karyawan serta berbagai aktivitas di area kampus yang memiliki dampak baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan (Alshuwaikhat & Abubakar, 2008).

Aktivitas pada perguruan tinggi memerlukan energi listrik dalam jumlah yang besar untuk mendukung aktivitas perkuliahan, aktivitas penelitian, penerangan ruangan serta untuk menyalakan perangkat elektronik seperti pc, laptop, printer, ponsel, dan sebagainya. Oleh karena itu, perlu diupayakan kegiatan penghematan listrik dalam lingkungan perguruan tinggi.

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) merupakan perguruan tinggi di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang berlokasi di kota Surabaya, Indonesia. ITS memiliki luas 187 ha dan memiliki 8 fakultas dengan 32 departemen. ITS memiliki staf pengajar sebanyak 970 orang dan jumlah mahasiswa ITS pada tahun 2016 sebanyak 17.625 orang. Dengan jumlah fakultas, staf pengajar dan jumlah mahasiswa yang cukup banyak tentu saja membutuhkan energi listrik dalam jumlah

yang besar. Untuk memenuhi kebutuhan akan energi listrik, ITS memiliki dua gardu yang dinamakan gardu kampus dan gardu rektorat. Pencatatan pemakaian listrik ITS atau stand meter di ITS bersifat terpusat, artinya jumlah pemakaian listrik di tiap jurusan tidak tercatat sehingga tidak diketahui pemakaian listrik di masing – masing jurusan. Data informasi tagihan listrik ITS dapat diperoleh dari pihak Sarana dan Prasarana (SARPRAS) ITS. Saat ini belum dilakukan monitoring terhadap perilaku penggunaan peralatan listrik sehingga tidak diketahui apakah terjadi pemborosan energi listrik atau tidak. Oleh karena itu perlu dilakukan pantauan terhadap penggunaan peralatan listrik untuk mengetahui terjadi pemborosan atau tidak.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ada yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimanakah konsumsi energi listrik di ITS saat ini?
2. Bagaimana menurunkan penggunaan energi listrik di ITS melalui konservasi energi?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi penggunaan energi listrik di ITS
2. Merancang pemodelan sistem dinamik untuk pemakaian energi listrik pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
3. Mengembangkan skenario untuk menghemat penggunaan energi listrik di ITS

1.4. Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah :

1. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
2. Tidak memperhitungkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pemakaian energi listrik

1.5. Kontribusi Penelitian

Kontribusi dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat ilmiah

Penelitian ini akan memberikan kerangka sistem dinamik untuk konservasi energi yang dapat dilakukan untuk penghematan energi listrik.

2. Manfaat bagi ITS

Penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi berupa masukan untuk melakukan konservasi energi di lingkungan ITS.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. *Sustainability*

Pengertian *sustainability* atau keberlanjutan yang paling banyak diadopsi yaitu yang berasal dari *Brundtland Commission* berarti kemampuan untuk memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa membahayakan kebutuhan generasi yang akan datang (Feybi Ariani Goni, 2013). Lingkungan dan energi merupakan dua hal yang perlu dijaga keberlanjutannya di bumi ini. *Sustainability* lingkungan perlu dipertahankan karena dampak dari pemanasan global semakin mengancam kehidupan di bumi. Pemanasan global disebabkan karena jumlah gas – gas penyebab efek rumah kaca di atmosfer semakin meningkat karena semakin banyaknya pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan untuk menghasilkan energi. Bahan bakar fosil digunakan antara lain : untuk menghasilkan energi listrik, untuk transportasi. Akan tetapi jumlah bahan bakar fosil semakin sedikit dan akibat dari pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan gas – gas yang disebut dengan emisi gas rumah kaca. Emisi gas rumah kaca adalah gas – gas yang terperangkap pada lapisan atmosfer bumi. *United States Environmental Protection Agency / EPA* (Global Greenhouse Gas Emissions Data, n.d.) mengelompokkan emisi berdasarkan sektor ekonomi, yaitu :

- Produksi listrik dan panas (*electricity and heat production – 25% of 2010 global greenhouse gas emissions*) : emisi berasal dari pembakaran batu bara, gas alam.
- Industri (*21% of 2010 global greenhouse gas emissions*) : emisi berasal dari pembakaran bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi. Emisi yang dihasilkan berasal dari proses pengubahan bahan kimia, metalurgi dan mineral.
- Pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya (*24% of 2010 global greenhouse gas emissions*) : emisi kebanyakan berasal dari pertanian yaitu

proses budidaya tanaman pangan dan ternak serta proses penggundulan hutan.

- Transportasi (*14% of 2010 global greenhouse gas emissions*) : emisi berasal dari pembakaran bahan bakar fosil untuk transportasi darat, udara dan laut. 95% dari energi transportasi dunia berasal dari bahan bakar minyak bumi, sebagian besar bensin dan solar.
- Bangunan (*6% of 2010 global greenhouse gas emissions*) : emisi berasal dari pembangkit energi ditempat dan pembakaran bahan bakar untuk penghangat ruangan atau untuk kegiatan memasak. Emisi yang dihasilkan dari penggunaan listrik dalam gedung dimasukkan dalam kategori produksi listrik dan panas.
- Energi lainnya (*10% of 2010 global greenhouse gas emissions*) : emisi berasal dari sektor energi yang tidak terkait dengan produksi listrik atau panas, seperti : ekstraksi bahan bakar, proses pemurnian, pengolahan dan transportasi.

Emisi – emisi yang dihasilkan tersebut akan menutup lapisan atmosfer sehingga menyebabkan terjadinya kenaikan suhu bumi yang disebut dengan pemanasan global. Efek yang ditimbulkan dari meningkatnya suhu bumi antara lain : mencairnya es di kutub utara dan selatan, naiknya permukaan air laut, banyaknya daratan yang tenggelam, menipisnya lapisan ozon, terjadinya pergantian musim yang tidak teratur, produksi pertanian menurun dan sebagainya. Oleh karena itu diperlukan untuk menjaga *sustainability* / keberlanjutan lingkungan.

Beberapa perusahaan ikut serta dalam menjaga *sustainability* lingkungan dengan cara, antara lain:

- Chevron mengembangkan sistem pendukung keputusan untuk analisa manfaat-biaya sebagai kebutuhan untuk meningkatkan manajemen resiko lingkungan. (Melville, March 2010).
- DuPont menggunakan sistem manajemen pengetahuan untuk melakukan remediasi dan pencegahan polusi, tetapi hal ini menciptakan

ketegangan antara privasi organisasi dan kebutuhan untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan lingkungan diantara industri yang berpartisipasi. (Melville, March 2010).

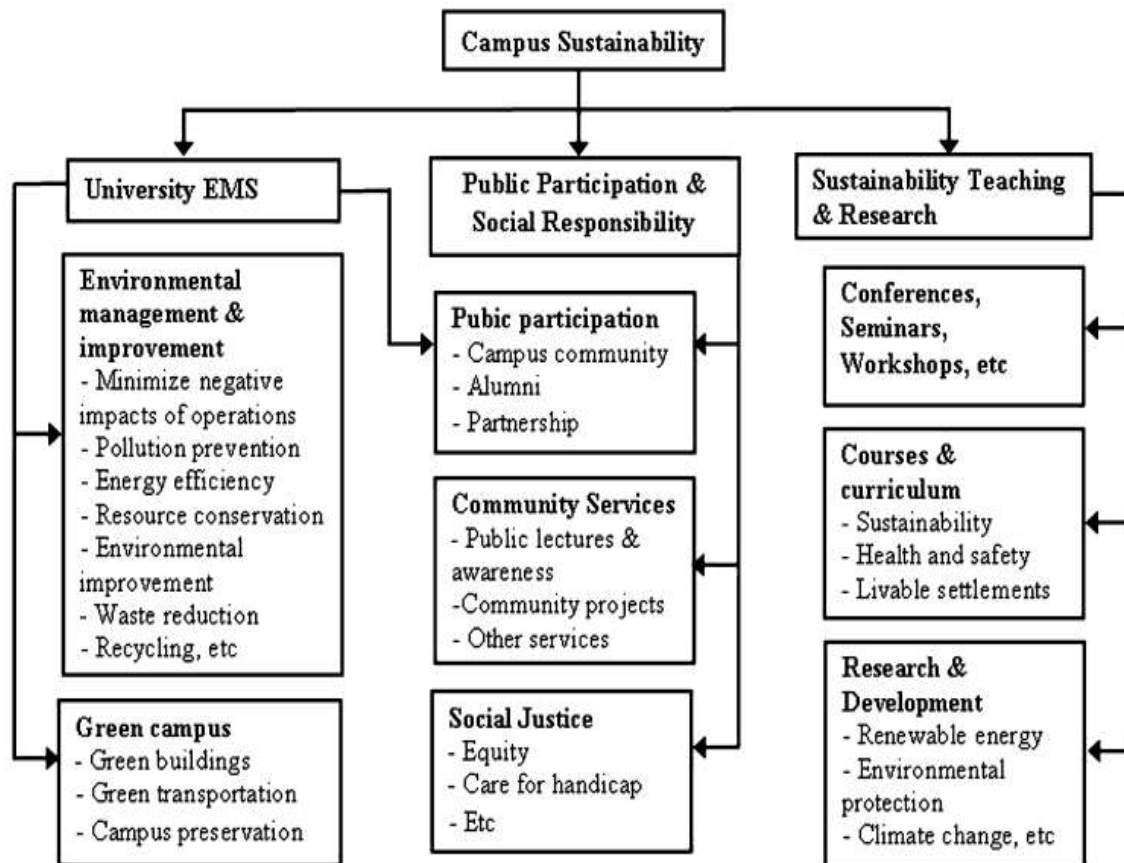
- Marks & Spencer berkomitmen dengan melakukan perencanaan lima tahun untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (Melville, March 2010).
- Perusahaan Google menginstal fasilitas tenaga solar di kantor pusat di Amerika (Melville, March 2010).
- Perusahaan Intel berkeinginan untuk mengurangi gas emisi perusahaannya sebanyak 20% pada tahun 2012 dari level yang ada pada 2007. Untuk mengurangi emisi perusahaannya, Intel menerapkan *Sustainable ICT Capability Maturity Framework (SICT-CMF)* (Edward Curry, 2012).

Perguruan Tinggi juga memiliki peran penting dalam menjaga *sustainability* lingkungan. Perguruan Tinggi dapat dianggap sebagai “kota kecil” karena memiliki luas yang cukup besar, jumlah populasi yang cukup besar yang terdiri dari mahasiswa, staf pengajar dan karyawan serta berbagai aktivitas di area kampus yang memiliki dampak baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan (Alshuwaikhat & Abubakar, 2008). Pada tahun 1990, lebih dari 300 administrator universitas dari sekitar 40 negara menandatangani Deklarasi Talloires (*Talloires Declaration*) yang berisi 10 poin perencanaan untuk menggabungkan literasi tentang *sustainability* dan lingkungan kedalam kegiatan pengajaran, penelitian, operasional dan kegiatan luar kampus. Berdasarkan definisi yang dikutip dari Velazquez (Alshuwaikhat & Abubakar, 2008), disebutkan bahwa :

“A sustainable university is defined as a higher educational institution, as a whole or as a part, that addresses, involves and promotes, on a regional or a global level, the minimization of negative environmental, economic, societal, and health effects generated in the use of their resources in order to fulfill its functions of teaching, research, outreach and partnership, and

stewardship in ways to help society make the transition to sustainable lifestyles”

Perguruan Tinggi dapat dibandingkan dengan bangunan kompleks seperti rumah sakit dan hotel dalam hal limbah/sampah yang dihasilkan, pemakaian air termasuk pemakaian listrik dalam mengoperasikan mesin, penerangan serta transportasi yang memiliki implikasi terhadap kualitas lingkungan. Karena itu, Perguruan Tinggi memiliki peran dalam menjaga kualitas lingkungan. Didalam jurnal (Alshuwaikhat & Abubakar, 2008) mengajukan pendekatan tentang persoalan *sustainability* dalam bentuk sistematis dan terintegrasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



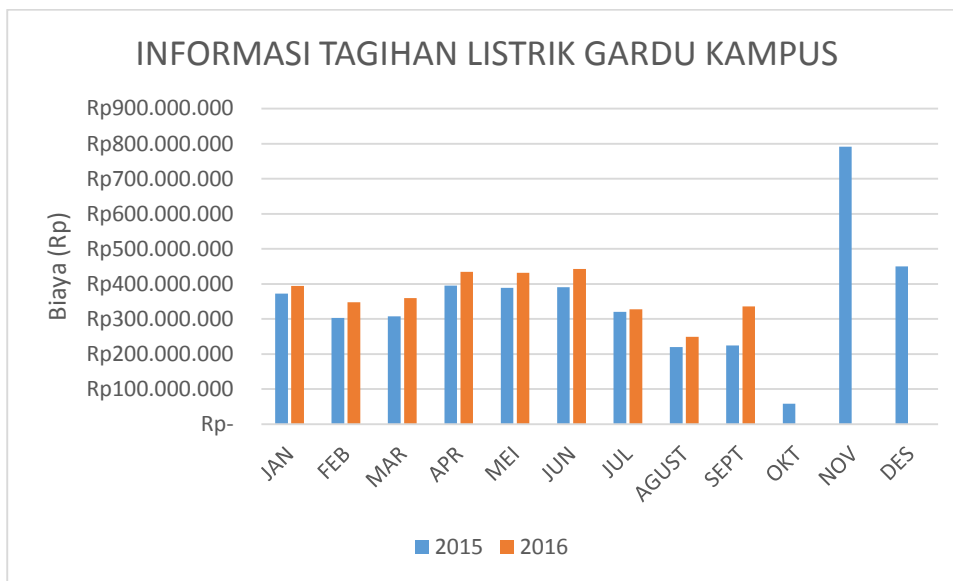
Gambar 2.1. Framework pendekatan pencapaian *sustainability* kampus

2.2. Kampus ITS

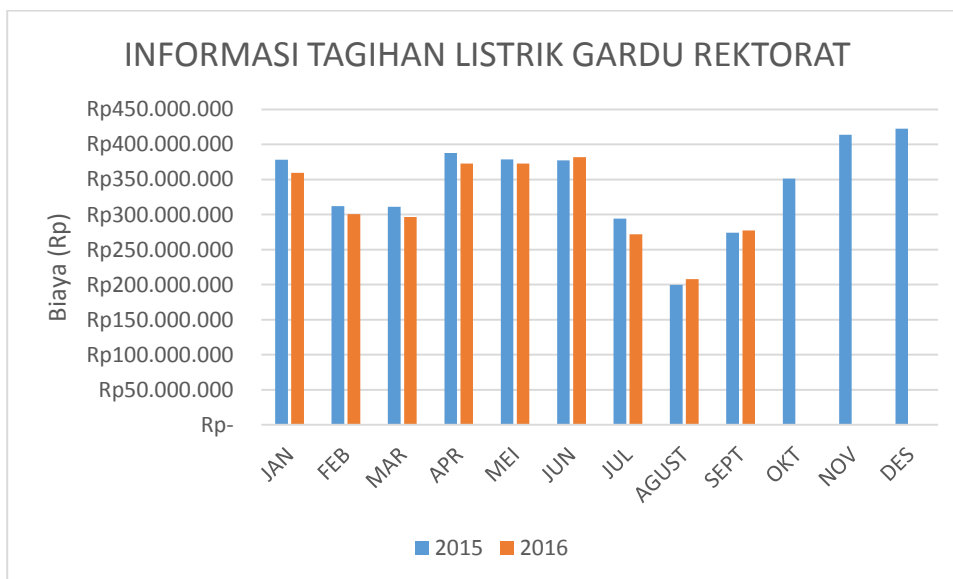
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) merupakan perguruan tinggi di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang berlokasi di kota Surabaya, Indonesia. ITS memiliki luas 187 ha dan memiliki 10 fakultas dengan 38 departemen. Kampus ITS juga memiliki fasilitas antara lain: student advisory center, pusat bahasa dan budaya, perpustakaan, pusat olahraga, graha ITS, asrama mahasiswa, masjid, pusat layanan kesehatan, dan percetakan dan penerbitan.

ITS memiliki dua gardu yang mengalirkan listrik ke seluruh gedung-gedung yang ada di ITS yang dinamakan gardu kampus dan gardu rektorat. Pencatatan pemakaian listrik tiap bulan bersifat terpusat sehingga data pemakaian listrik yang ada saat ini merupakan total dari jumlah pemakaian energi listrik seluruh gedung di ITS. Akibatnya, tidak dapat diketahui berapa besar pemakaian listrik dari tiap – tiap gedung. Sehingga tidak dapat diketahui gedung mana yang memiliki pemakaian energi listrik terbesar. Selain itu, tidak terdapat pencatatan mengenai peralatan listrik yang menggunakan energi listrik paling banyak. Informasi tagihan listrik pada tahun 2015-2016 di ITS dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3.

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016 (PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL), tarif listrik yang dibayarkan oleh ITS termasuk kategori tarif tenaga listrik untuk keperluan pelayanan sosial. Berdasarkan daya yang digunakan oleh ITS yaitu diatas 200kVA maka ITS termasuk golongan S-3. Tarif listrik untuk keperluan pelayanan sosial dapat dilihat pada tabel 4.3. Perhitungan biaya yang harus dibayarkan bergantung pada jumlah energi listrik yang digunakan pada waktu beban puncak (WBP) dan pada lewat waktu beban puncak (LWBP). WBP dihitung mulai jam 18.00 – 22.00, sedangkan LWBP dihitung mulai jam 22.00 – 18.00.



Gambar 2.2.. Informasi tagihan listrik gardu kampus 2015-2016



Gambar 2.3. Informasi tagihan listrik gardu rektorat 2015-2016

**TARIF TENAGA LISTRIK
UNTUK KEPERLUAN PELAYANAN SOSIAL**

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	S-1/TR	220 VA	-	Abonemen per bulan (Rp) : 14.800	-
2.	S-2/TR	450 VA	10.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh : 123 Blok II : di atas 30 kWh s.d. 60 kWh : 265 Blok III : di atas 60 kWh : 360	325
3.	S-2/TR	900 VA	15.000	Blok I : 0 s.d. 20 kWh : 200 Blok II : di atas 20 kWh s.d. 60 kWh : 295 Blok III : di atas 60 kWh : 360	455
4.	S-2/TR	1.300 VA	*)	708	708
5.	S-2/TR	2.200 VA	*)	760	760
6.	S-2/TR	3.500 VA s.d. 200 kVA	*)	900	900
7.	S-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times P \times 735$ Blok LWBP = $P \times 735$ kVArh = 925 ***)	-
Catatan : *) Diterapkan Rekening Minimum (RM) : $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$ **) Diterapkan Rekening Minimum (RM) : $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian Blok LWBP.}$ Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung. ***) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus). K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). P : Faktor pengali untuk pembeda antara S-3 bersifat sosial murni dengan S-3 bersifat sosial komersial. Untuk pelanggan S-3 yang bersifat sosial murni P = 1. Untuk pelanggan S-3 yang bersifat sosial komersial P = 1,3. Kategori S-3 bersifat sosial murni dan S-3 bersifat sosial komersial ditetapkan oleh Direksi PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) dengan mempertimbangkan kemampuan bayar dan sifat usahanya. WBP : Waktu Beban Puncak. LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.					

Tabel 2.1. Permen ESDM No 28 Tahun 2016

2.3. Sustainability dan Sistem Informasi

(Barbara Pernici) membahas mengenai peran sistem informasi terhadap *sustainability* lingkungan. (Barbara Pernici) menuliskan bahwa para profesional IT/IS perlu memikirkan bagaimana cara agar IT/IS dapat mempengaruhi perilaku didalam organisasi dalam mengurangi dampak buruk proses bisnis organisasi terhadap lingkungan. Barbara membagi dua kaitan antara sistem informasi dan *sustainability* lingkungan, antara lain :

- Sistem informasi sebagai pengguna energi : membahas mengenai dampak dari infrastruktur IT seperti penggunaan energi untuk mengoperasikan PC, pusat data, pusat layanan

(*service centres*) terhadap lingkungan. Topik ini disebut dengan *Green IS*.

- Sistem informasi untuk mendukung kesadaran dan kontrol terhadap efisiensi energi : membahas mengenai peran sistem informasi dalam membantu menjaga *sustainability* lingkungan, misalnya *smart cities*, *smart buildings*, *teleconferencing*. Topik ini disebut dengan *IS for Green*.

Menurut laporan (The Climate Group, 2008), diperkirakan bahwa akan terjadi peningkatan hampir 100% pada jejak karbon sector ICT pada tahun 2020 tetapi diperkirakan juga bahwa penggunaan ICT yang efektif dalam organisasi dapat mengurangi emisi CO₂ lima kali lipat dari jumlah tersebut. Didalam laporan tersebut disebutkan bahwa ada empat area dimana ICT dapat memberikan dampak terhadap pengurangan emisi yaitu : *smart motors and industrial automation*, *smart logistics*, *smart buildings and smart grid technologies*. Keempat area tersebut menunjukkan kemampuan ICT untuk mengukur dan mengoptimalkan pemakaian energi. Melalui laporan (The Climate Group, 2008) para komunitas IS dapat berperan dalam mengembangkan sistem untuk mengelola pemakaian energi pada keempat area tersebut. Dengan memprioritaskan pengembangan sistem tersebut maka dapat memaksimalkan kontribusi para komunitas IS dalam menanggulangi perubahan iklim.

Increased efficiency = reduced energy consumption = lower CO₂ emissions

Salah satu peran sistem informasi yang dibahas pada konferensi tersebut yaitu mengenai kecerdasan sistem (*smartness*). Sistem informasi dapat digunakan untuk membantu membangun sistem cerdas (*smart system*) yaitu dengan membangun sistem informasi untuk kesadaran energi (*energy aware*) dan untuk penghematan energi (*energy saving*). Pembuatan sistem cerdas tersebut dapat diarahkan pada pembuatan sistem jaringan cerdas (*smart grid*), proses cerdas (*smart processes*) dan bangunan cerdas (*smart buildings*). Dalam

membangun sistem cerdas perlu diperhatikan hal - hal seperti infrastruktur informasi, kesadaran energi dan kecerdasan buatan yang proaktif dalam penghematan energi.

(Watson, Boudreau, & Chen, 2010) menggagas sub bidang sistem informasi yang baru yang disebut informatika energi (*energy informatics*). Informatika energi merupakan sub bidang yang memperkenalkan peran sistem informasi dalam mengurangi konsumsi energi sekaligus emisi CO₂. Gagasan ide mengenai informatika energi dapat dinyatakan dalam bentuk ringkas yaitu:

$$\text{Energi} + \text{Informasi} < \text{Energi}$$

Gagasan ide diatas mengandung arti bahwa sistem informasi memiliki peran dalam mengurangi pemakaian energi.

(Watson, Boudreau, & Chen, 2010) membuat 9 pertanyaan yang dapat digunakan untuk menganalisa hubungan antara sistem informasi dan lingkungan seperti pada tabel 2.2.

(Melville, March 2010) membahas mengenai kontribusi penelitian sistem informasi terhadap lingkungan. Melville menggunakan framework *Belief – Action – Outcome* (BAO) untuk meneliti kaitan antara penelitian di bidang sistem informasi dengan *sustainability*. Dari framework tersebut, Melville menggagas 10 pertanyaan yang ditampilkan pada tabel 2.3.

Matriks Pertanyaan Penelitian				
Pemangku kepentingan (stakeholders)	Jaringan sensor (<i>sensor network</i>)	Jaringan alur (<i>flow network</i>)	Sistem Informasi	Kepekaan Objek (<i>sensitized objects</i>)
Pemasok	RQ 1 : berapakah tingkat optimal granularitas / kedetailan informasi jaringan sensor untuk mengoptimalkan jaringan alur?	RQ 3 : informasi apa dan pada level berapakah granularitas dibutuhkan untuk mengoptimalkan tipe jaringan alur yang diberikan?	RQ 6: bagaimana sistem informasi mengintegrasikan data pasokan dan data permintaan agar dapat meningkatkan efisiensi energi?	
Konsumen			RQ 7 : bagaimana sistem informasi dapat digunakan untuk mengubah pola perilaku masyarakat agar lebih meningkatkan efisiensi energi?	RQ 9 : informasi apakah yang dibutuhkan konsumen mengenai pemakaian peralatan yang dimiliki atau bagaimana mengelola pemakaian peralatan yang dimiliki agar dapat meningkatkan efisiensi energi?

Pemerintah	RQ 2 : perincian informasi seperti apakah yang memungkinkan pelaksanaan yang efektif dari kebijakan energi?	<p>RQ 4 : kebijakan dan peraturan pemerintah seperti apakah yang akan mendorong manajer jaringan alur membuat jaringan alur tersebut menjadi lebih energi tepat guna?</p> <p>RQ 5 : kebijakan dan peraturan pemerintah seperti apakah yang akan mendorong konsumen jaringan alur untuk beralih ke jaringan alur yang hemat energi atau mengurangi keseluruhan pola pemakaian energi dari jaringan tertentu?</p>	RQ 8 : data apa saja yang harus dihasilkan oleh sistem informasi energi agar dapat membantu pemerintah dalam menyusun kebijakan energi?	
------------	---	---	---	--

Tabel 2.2. Matrix Pertanyaan Penelitian oleh Watson et al.

Domain	Pertanyaan Penelitian
Perspektif filosofis dan teori	RQ1 : bagaimana caranya agar berbagai perspektif filosofis—positivisme, interpretif, kritis, dan desain – dapat diterapkan pada permasalahan kompleks yang melibatkan sistem informasi, organisasi dan lingkungan alam?
	RQ2 : bagaimana caranya agar berbagai teori dapat diterapkan pada permasalahan kompleks yang melibatkan sistem informasi, organisasi dan lingkungan alam?
Metodologi penelitian dan sumber – sumber data	RQ3 : bagaimana caranya agar berbagai metodologi penelitian, seperti analisa siklus hidup dan penilaian terintegrasi, dapat diterapkan untuk menyelidiki permasalahan kompleks yang melibatkan sistem informasi, organisasi, dan lingkungan alam?
	RQ4 : bagaimana caranya agar berbagai metrik lingkungan, seperti gas CO ₂ ekuivalen, dapat digunakan untuk menilai dampak sistem informasi pada lingkungan alam?
Kepercayaan	RQ5a : apakah dampak sistem informasi terhadap kepercayaan tentang lingkungan alam dan ketahanan lingkungan?
	RQ5b : pendekatan desain apakah yang efektif untuk membangun sistem informasi yang mempengaruhi kepercayaan manusia tentang lingkungan alam?
Tindakan	RQ6a : bagaimana agar berbagai karakter dari konteks ketahanan lingkungan, seperti nilai dan altruisme, mempengaruhi tujuan untuk menggunakan dan penggunaan sistem informasi untuk ketahanan lingkungan?
	RQ6b : pendekatan desain seperti apakah yang efektif untuk membangun sistem informasi yang mempengaruhi tindakan manusia terhadap lingkungan alam?

Hasil	RQ7 : apa kaitan antara sistem informasi dan organisasi dan kinerja ketahanan?
	RQ8 : apa kaitan antara sistem informasi dan kinerja rantai pasok dari perspektif efisiensi dan lingkungan?
	RQ9 : bagaimana caranya agar perusahaan dapat menginvestasi secara optimal dalam industri sistem informasi yang dimaksudkan untuk mengurangi eksternalitas negatif berkaitan dengan lingkungan alam?
	RQ10 : bagaimana caranya agar pendekatan sistem dapat menjelaskan hasil dari organisasi dan lingkungan yang diperoleh dari penggunaan sistem informasi terhadap ketahanan lingkungan?

Tabel 2.3. Pertanyaan Penelitian oleh Melville.

2.4. Konservasi Energi

Secara sederhana konservasi energi dapat disebut dengan penghematan energi yaitu kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang diperlukan (Energi D. K., n.d.). Konservasi energi diperlukan karena (Energi D. K., n.d.):

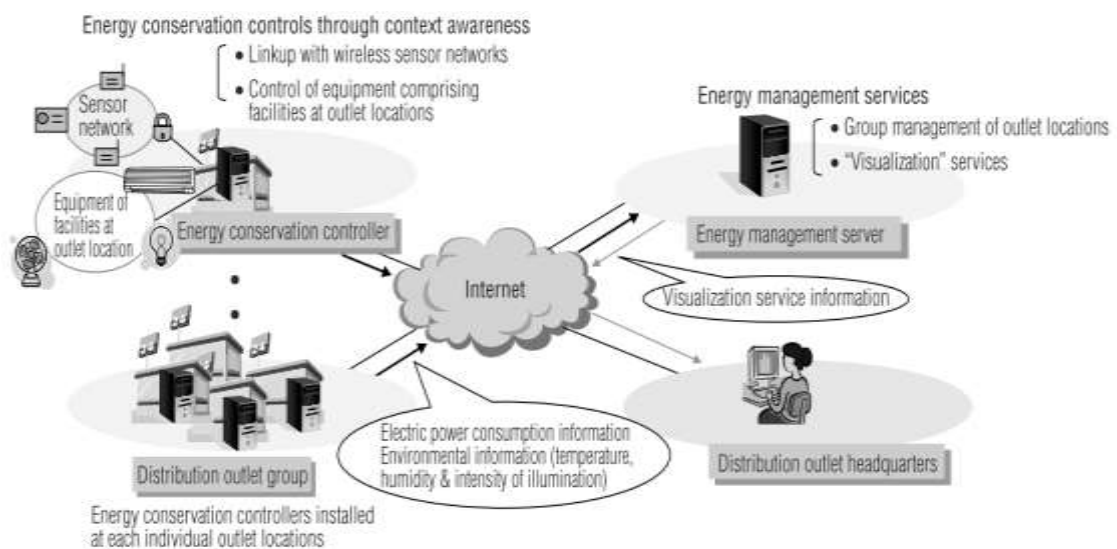
- ketergantungan terhadap energi fosil masih tinggi sedangkan cadangannya semakin terbatas
- keterkaitan dengan isu lingkungan yaitu mitigasi perubahan iklim dan komitmen nasional penurunan emisi 26% pada tahun 2020
- pemanfaatan energi terbarukan dan implementasi konservasi energi belum optimal.

Penelitian mengenai konservasi energi dilakukan oleh (Chun, Okita, & Tachibana, 2009) untuk mencari tahu dampak dari konservasi energi terhadap pemakaian energi listrik. Mereka melakukan pengujian pada toko serba ada di Jepang. Konservasi energi dilakukan dengan memasang sistem sensor wireless didalam ruangan. Konfigurasi sistem konservasi energi pada toko serba ada

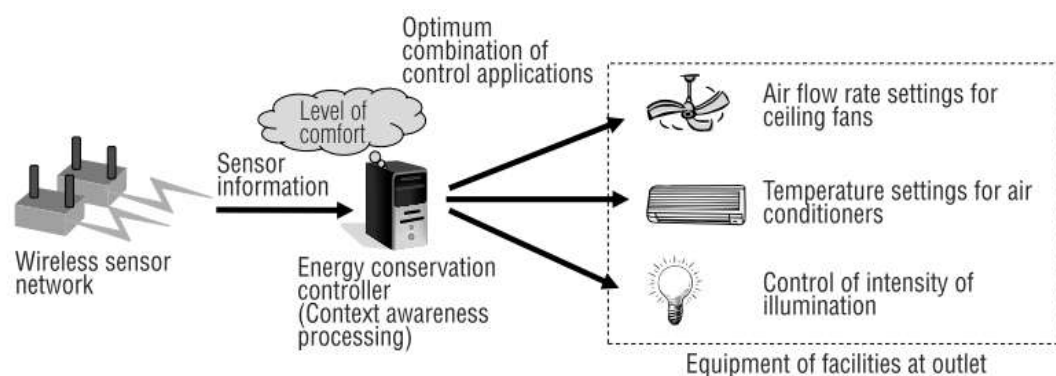
dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3. Pemasangan sistem sensor dalam bangunan berguna untuk mengumpulkan informasi mengenai penggunaan energi listrik dan kondisi lingkungan disekitar bangunan. Pemasangan sensor wireless seperti ZigBee digunakan sebagai pengontrol konservasi energi. Keuntungan dari penggunaan sensor wireless yaitu tidak membutuhkan kabel dan proses pemasangannya tidak sulit. Proses pemasangan sensor dilakukan pada swalayan dan sensor – sensor tersebut digunakan untuk mengontrol antara lain :

- Mengontrol AC tanpa mengurangi level kenyamanan penghuni
- Mengontrol aliran udara pada kipas baling –baling yang terpasang pada plafon
- Mengontrol penerangan ruangan

Dari hasil pengamatan, setelah konservasi energi dilakukan terjadi pengurangan pemakaian energi sebesar 5%.



Gambar 2.4. Konfigurasi sistem konservasi energi pada toko serba ada



Gambar 2.5. Sistem kontrol konservasi energi

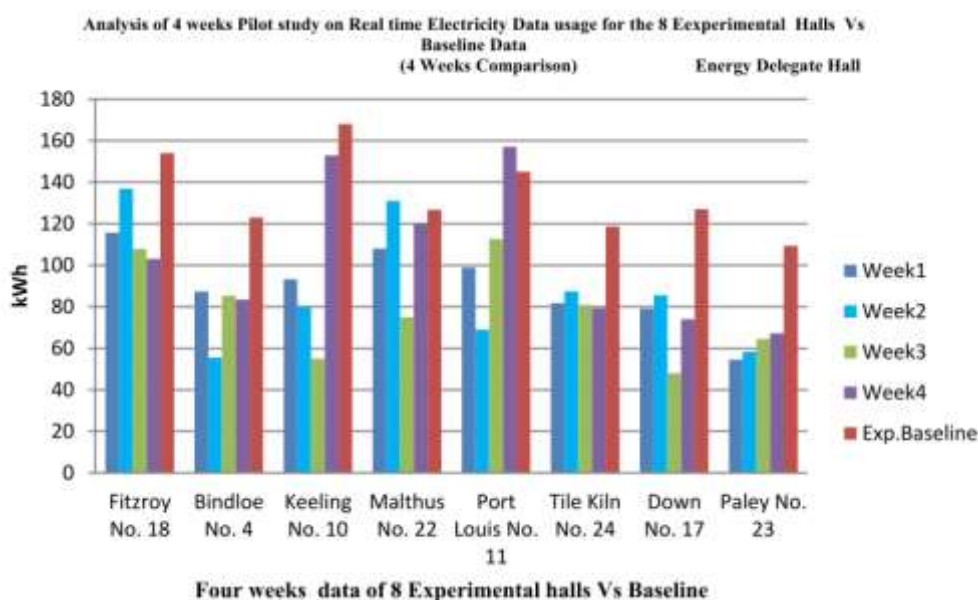
Proses konservasi energi tidak lepas dari perilaku manusia yang memanfaatkan energi listrik untuk peralatan listrik yang dimiliki. Penelitian yang dilakukan oleh (Mtutu & Thondhlana, 2016) mensurvey usaha pengguna terhadap usaha konservasi energi listrik (tabel 2.4).

Peralatan dan teknik konservasi yang dilakukan	Jumlah partisipan	Bentuk respon (1-5: tidak pernah, jarang, kadang – kadang, sering, selalu)	Persentase responden terhadap aktivitas konservasi
Kipas angin - menutup ruang terbuka saat menggunakan kipas angin	53	Sering	26
<i>Heaters</i> / pemanas ruangan – menutup ruang terbuka saat menggunakan pemanas ruangan	52	Selalu	40

Teko listrik – merebus air hanya pada saat dibutuhkan	22	Selalu	68
Lampu – menggunakan cahaya sinar matahari	67	Selalu	36
Lampu – mematikan lampu saat ruangan kosong	69	Selalu	41
Komputer – mematikan saat waktu pulang	70	Selalu	37
Komputer – mematikan total saat tidak digunakan lebih dari 30 menit	68	Tidak pernah	32
Charger – mencabut kabel handphone dan peralatan lainnya setelah selesai digunakan	24	Selalu	54
Printer – mencetak menggunakan dua sisi kertas	70	Kadang – kadang	36
Printer – mematikan setelah meninggalkan kantor	25	Tidak pernah	40

Tabel 2.4. Usaha Konservasi Pada Berbagai Peralatan

(Emeakaroha, An, Yan, & Hopthrow, 2014) melakukan studi mengenai strategi konservasi yang dapat diimplementasikan pada asrama mahasiswa. Studi dilakukan karena menurut peneliti terjadi peningkatan pemakaian listrik di asrama yang dikarenakan aktivitas dari para mahasiswa yang memakai energi listrik berlebihan. Untuk itu dilakukan studi yang bertujuan mengubah perilaku para mahasiswa yaitu dengan cara memonitor dan memberikan informasi yang *real time* mengenai pemakaian energi listrik mereka serta menyediakan delegasi yang bertugas untuk mengevaluasi dan memberikan arahan untuk menghemat energi berdasarkan informasi *real time* tersebut. Fokus penelitian mereka yaitu pada penggunaan lampu dan penggunaan peralatan listrik. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa para mahasiswa termotivasi untuk melakukan penghematan energi karena adanya informasi yang *real time* dan delegasi yang bertugas untuk mengevaluasi pemakaian listrik mereka. Hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.6. Hasil Penelitian (Emeakaroha, An, Yan, & Hopthrow, 2014)

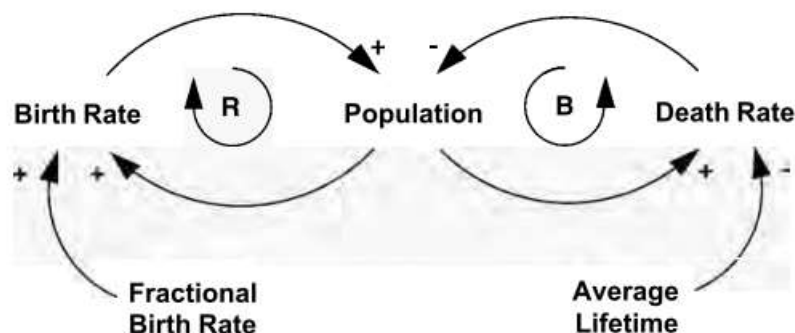
Berdasarkan hasil studi diatas dapat disimpulkan bahwa ada kaitan antara perilaku pengguna terhadap usaha konservasi energi.

2.5. Sistem Dinamik

Sistem dinamik adalah metode *system thinking* yang digunakan untuk membantu memahami kompleksitas dari suatu sistem (Stermann, *System Dynamics Modeling : Tools For Learning In A Complex World*, 2001). Metode sistem dinamik menggunakan hubungan sebab-akibat (*causal*) dalam menyusun model suatu sistem yang kompleks. Pada sistem dinamik ada beberapa diagram tool yang digunakan untuk menggambarkan struktur sistem yaitu causal loop diagram dan stock & flow diagram (Stermann, *Business Dynamics : System Thinking And Modeling For A Complex World*, 2000)

- Causal Loop Diagram

Causal Loop diagram (CLD) digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab akibat (*causal*) yang ada pada sistem. CLD terdiri dari kumpulan variabel yang terhubung oleh garis panah yang menunjukkan hubungan sebab-akibat antar variabel.



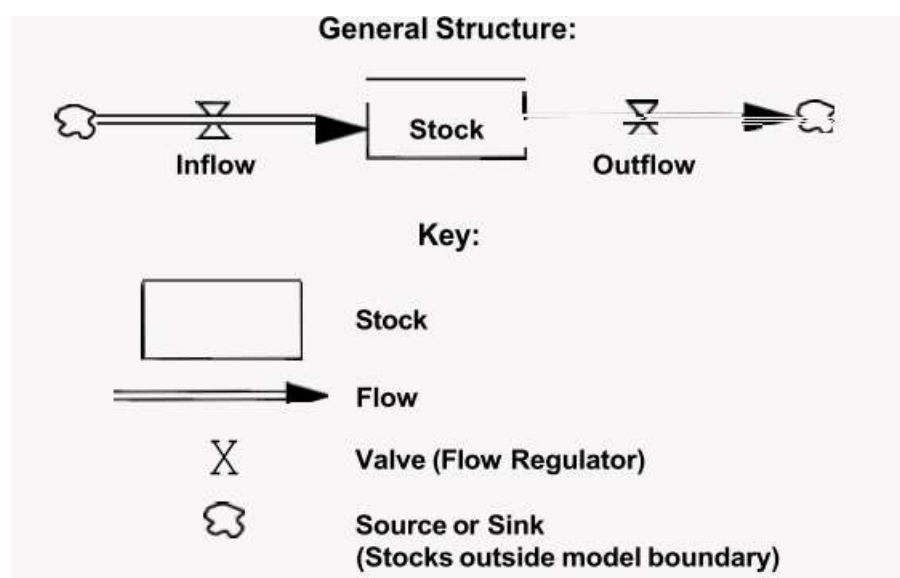
Gambar 2.7. Causal Loop Diagram Populasi

Pada gambar 4, masing – masing variabel dihubungkan dengan hubungan kausal yang diwakili oleh gambar garis panah. Dari contoh diatas, laju kelahiran ditentukan oleh populasi dan laju kelahiran fraksional. Masing – masing hubungan kausal ditandai dengan polaritas positif (+) atau negatif (-). Tanda positif (+) menunjukkan jika variabel yang mempengaruhi meningkat maka variabel yang dipengaruhi juga akan meningkat dan jika variabel mempengaruhi menurun maka

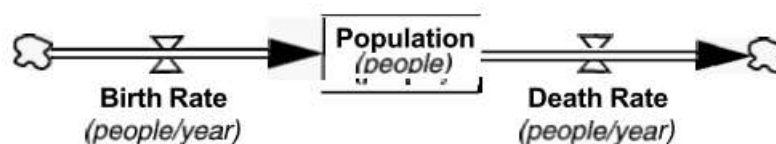
variabel yang dipengaruhi juga akan menurun. Sebaliknya tanda negatif (-) menunjukkan jika variabel yang mempengaruhi meningkat maka variabel yang dipengaruhi akan menurun dan jika variabel yang mempengaruhi menurun maka variabel yang dipengaruhi akan meningkat.

- Stock & Flow Diagram

Stock & flow diagram merupakan pengembangan dari causal loop diagram dan digunakan dalam proses simulasi. Desain dari stock & flow diagram adalah sebagai berikut.



Gambar 2.8. Stock & Flow Diagram



Gambar 2.9. Stock & Flow Diagram Populasi

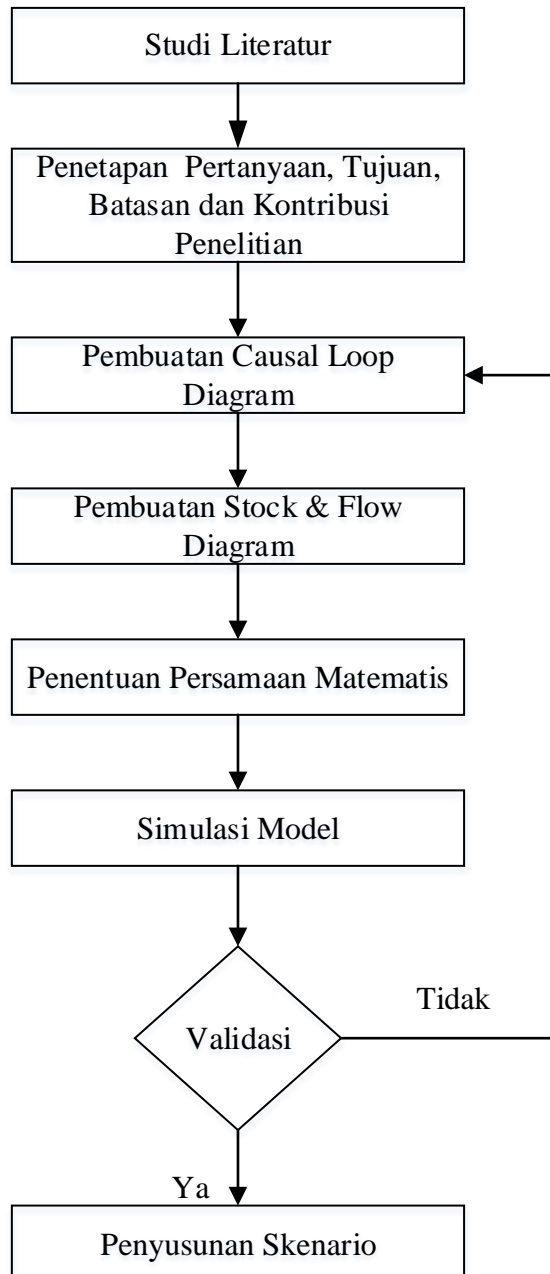
Stock mewakili akumulasi dari suatu variabel yang dipengaruhi oleh inflow dan outflow. Flow mewakili laju (*rate*) dari suatu variabel, misalnya laju kelahiran dan laju kematian. Flow bisa berupa inflow yang

berfungsi sebagai input dari stock sedangkan outflow berfungsi sebagai laju yang mengurangi jumlah stock. Ada beberapa variabel yang dapat melengkapi variabel stock dan rate, yaitu *auxiliary* dan konstanta (*constant*). *Auxiliary* merupakan variabel yang bisa berubah seiring dengan waktu, perubahannya dapat disebabkan atas hubungan-hubungan sebab-akibat yang terjadi antara variabel dalam model atau pun akibat variabel dari luar secara independen. Konstanta merupakan variabel dengan nilai tetap yang tidak berubah sepanjang waktu.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini dijelaskan mengenai tahapan-tahapan yang digunakan untuk membahas permasalahan-permasalahan dalam penelitian.



Gambar 3.1. Alur Metodologi Penelitian

3.1. Studi Literatur

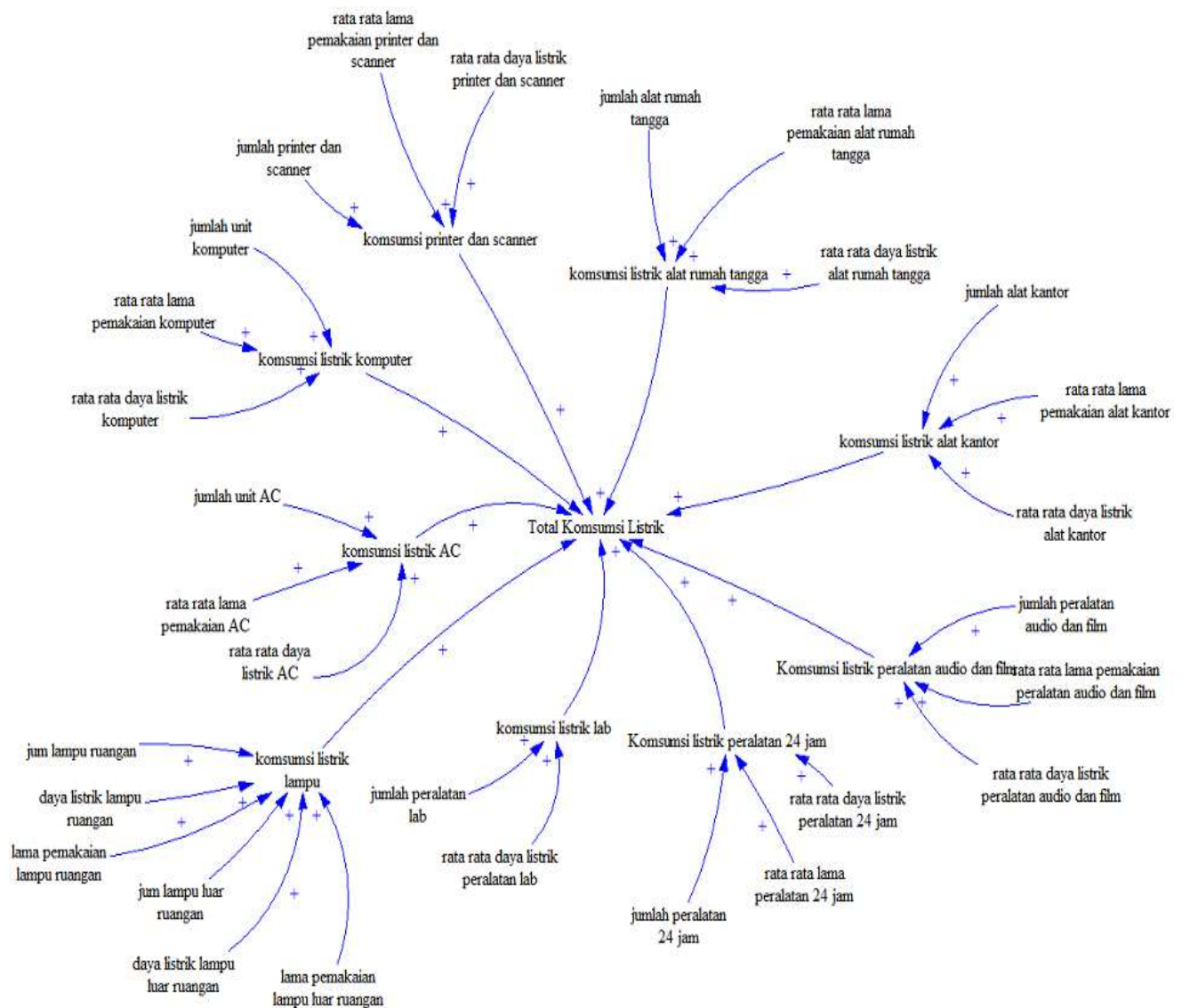
Sebelum menentukan obyek penelitian, terlebih dahulu dilakukan proses studi literatur. Proses studi literatur dilakukan dengan mencari jurnal – jurnal penelitian yang berkaitan dengan sistem informasi. Kemudian dari jurnal – jurnal penelitian tersebut difokuskan pada jurnal yang membahas mengenai hubungan antara sistem informasi dengan sustainabilitas lingkungan dan konservasi energi.

3.2. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Setelah proses studi literatur dilakukan maka dilakukan penetapan pertanyaan penelitian. Penetapan pertanyaan penelitian bertujuan untuk merumuskan masalah penelitian yang akan menjadi fokus penelitian. Setelah menentukan pertanyaan penelitian maka ditentukan tujuan penelitian untuk membantu agar penelitian lebih terarah. Dari penentuan tujuan penelitian, maka ditentukan batasan penelitian agar penelitian yang dilakukan dapat fokus dengan kebutuhan penelitian sehingga hasilnya lebih optimal. Dan terakhir yaitu menentukan kontribusi penelitian agar penelitian yang dilakukan dapat memberikan manfaat terhadap ilmu pengetahuan dan masyarakat, khususnya bagi ITS.

3.3. Pembuatan Causal Loop Diagram

Proses penelitian ini akan menggunakan metode sistem dinamik karena kemampuan dari metode ini untuk menampilkan hubungan umpan balik (*feedback*) yang mempengaruhi upaya konservasi energi. Metode ini mempunyai tools yaitu causal loop diagram dan stock & flow diagram. Diagram yang pertama kali dibuat yaitu causal loop diagram. Pada gambar 3.2. dipaparkan causal loop diagram mengenai hubungan umpan balik pada penggunaan energi listrik.



Gambar 3.2. Causal Loop Diagram Konsumsi Listrik

3.4. Pembuatan Stock & Flow Diagram

Pada tahap ini akan dibuat stock & flow diagram berdasarkan causal loop diagram yang telah dibuat. Pembuatan stock & flow diagram dilakukan dengan mengubah causal loop diagram menjadi hubungan antara level (stock) dan rate (flow) yang dapat dimengerti oleh komputer.

3.5. Penentuan Persamaan Matematis

Pada tahap ini, setiap variabel yang ada pada stock & flow diagram akan ditentukan persamaan matematis agar proses simulasi dapat berjalan.

3.6. Simulasi Model

Setelah persamaan matematis ditentukan, maka proses simulasi akan dijalankan dengan mensimulasikan persamaan matematis. Simulasi dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh perubahan variabel jika hubungan antar variabel berubah.

3.7. Validasi

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap model sistem apakah sudah menyerupai sistem yang sebenarnya. Model dapat dikatakan baik jika kesalahan atau simpangan hasil simulasi terhadap gejala atau proses yang terjadi di dunia nyata relatif kecil.

Rumus pengujian pada model :

$$E1 = \frac{\bar{S} - \bar{A}}{\bar{A}}$$

Keterangan :

\bar{S} = nilai rata-rata hasil simulasi

\bar{A} = nilai rata-rata data

$E1$ = Error rate

Model dianggap valid bila $E1 \leq 5\%$

$$E2 = \frac{Ss - Sa}{Sa}$$

Keterangan :

Ss = nilai standar deviasi model

Sa = nilai standar deviasi data

$E1$ = Error rate

Model dianggap valid bila $E2 \leq 30\%$
--

3.8. Penyusunan Skenario

Pada tahap ini dilakukan pengujian model yang sudah valid dengan menggunakan beberapa skenario.

BAB 4

PENGOLAHAN DATA

4.1. Kondisi Saat Ini

ITS memiliki dua gardu yang mengalirkan listrik ke seluruh gedung-gedung yang ada di ITS yang dinamakan gardu kampus dan gardu rektorat. Pencatatan pemakaian listrik tiap bulan bersifat terpusat sehingga data pemakaian listrik yang ada saat ini merupakan total dari jumlah pemakaian energi listrik seluruh gedung di ITS. Akibatnya, tidak dapat diketahui berapa besar pemakaian listrik dari tiap – tiap gedung. Sehingga tidak dapat diketahui gedung mana yang memiliki pemakaian energi listrik terbesar. Selain itu, tidak terdapat pencatatan mengenai peralatan listrik yang menggunakan energi listrik paling banyak. Data pemakaian listrik di ITS yang berhasil diperoleh dari pihak SARPRAS ITS yaitu pemakaian listrik dari tahun 2015-2016. Data pemakaian listrik tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Bulan	WBP Gardu Kampus (kWh)	LWBP Gardu Kampus (kWh)	WBP Gardu Rektorat (kWh)	LWBP Gardu Rektorat (kWh)	Total (kWh)
Januari	343700	2014000	335800	2068000	4761500
Februari	281500	1636300	279800	1702600	3900200
Maret	268800	1689600	272200	1708300	3938900
April	357200	2150100	330500	2143600	4981400
Mei	355500	2113500	335300	2072800	4877100
Juni	369800	2104800	340600	2057200	4872400
Juli	306600	1716600	257600	1613700	3894500
Agustus	214400	1171400	180800	1086600	2653200
September	214700	1201400	245600	1495500	3157200
Oktober	57300	310000	290600	1954700	2612600
November	43700	224300	361000	2264100	2893100
Desember	275100	1626300	226300	1576400	3704100
Rata - rata					3853850

Tabel 4.1. Total Pemakaian Daya Listrik ITS Tahun 2015

Bulan	WBP Gardu Kampus	LWBP Gardu Kampus	WBP Gardu Rektorat	LWBP Gardu Rektorat	Total
Januari	244600	1421700	205900	1321700	3193900
Februari	217200	1249200	175100	1100600	2742100
Maret	215400	1306500	163000	1100100	2785000
April	261200	1579800	207300	1380200	3428500
Mei	269300	1554300	205900	1382700	3412200
Juni	267600	1604400	216200	1407800	3496000
Juli	199100	1187600	149500	1008800	2545000
Agustus	156200	895700	119200	765000	1936100
September	199500	1221600	149800	1032600	2603500
				Rata - rata	2904700

Tabel 4.2. Total Pemakaian Daya Listrik ITS Tahun 2016

4.2. Data Peralatan Listrik Di ITS

Untuk mengetahui data peralatan listrik yang digunakan di ITS maka dilakukan pengambilan data pada bagian Inventaris ITS di Gedung BAAK. Data yang diperoleh berupa data peralatan listrik dan non peralatan listrik, sehingga data non peralatan listrik diabaikan dalam penelitian ini. Data – data peralatan yang diperoleh adalah dari tahun 1940-2016. Akan tetapi data yang diperoleh hanya berupa pencatatan data peralatan yang pernah dibeli tetapi tidak dilakukan pencatatan mengenai kondisi dari semua peralatan apakah masih digunakan atau sudah tidak digunakan. Sehingga data peralatan listrik yang diambil adalah yang tercatat dari tahun 2010 – 2016. Data peralatan listrik yang tercatat terdiri dari peralatan praktikum dan peralatan kantor. Akan tetapi, tidak terdapat pencatatan mengenai daya listrik yang digunakan sehingga harus dilakukan pencarian secara manual melalui internet untuk mengetahui daya listrik tiap peralatan listrik. Kendala dalam pencarian daya listrik peralatan yaitu ada beberapa peralatan yang tidak tercatat merk dan tipe sehingga diambil asumsi nilai terkecil untuk menentukan daya listrik peralatan tersebut. Dan kendala lainnya yaitu tidak ditemukannya daya listrik beberapa peralatan praktikum, sehingga tidak semua peralatan praktikum dapat dicantumkan dalam penelitian ini. Dari data excel inventaris 2 jurusan diabaikan karena tidak berlokasi di Jalan Sukolilo yaitu D3

Teknik Sipil yang berlokasi di Jalan Manyar dan Magister Manajemen Teknologi yang beralamat di H.O.S Cokroaminoto. Kemudian data yang tidak termasuk peralatan listrik seperti meubelair juga diabaikan. Berikut ini adalah daftar peralatan di ITS dikelompokkan menjadi 9.

No	Peralatan Lab	Jumlah	Daya Listrik
1.	Concrete Cutter	2	860
2.	Concrete Vibrator	1	600
3.	Mesin risograph	1	110
4.	Universal Spectrometer	2	5600
5.	ECG Recorder Single Channel	1	4500
6.	Oven Listrik	13	400
7.	Mechanical Stirrer	3	57
8.	Electric Pressing Machine	1	4500
9.	Electric Sterilisator	2	1300
10.	Light Curing Unit / LITEX 680	1	75
11.	NMR/ESR samples Provided	1	75
12.	Hotplate - Daihan MSH - 20 D	2	1200
13.	Hotplate - Stier thermo	1	460
14.	Hotplate - Cimarec	2	920
15.	Sterilisator alat kedokteran	4	3515
16.	Microson sonicator	1	100
17.	NCS (Network Control System) - HP : X1800	2	1500
18.	Digital Recording System - DVR avtech 16 ch KPD	1	64
19.	Yaesu Rig FT2900	1	100
20.	Tektronix TDS2012B	5	30
21.	Alat Laboratorium Elektronika dan Telekomunikasi	19	5
22.	Signal Generator (Alat Lab. Elektronika & Telekomunikasi)	1	1000
23.	Alat Pemanas Prosesing (Water Heater)	8	925
24.	Power Supply	22	195
25.	Geolistrik - NANIURA NRD-22S	1	350
26.	Analytical Balance	29	15
27.	Polishing Grinder	2	1400
28.	Seive Shaker As	2	180
29.	Fuction / Frequency Generator	12	85
30.	Tektronix TDS2012B	5	30
31.	GW Instek GDS-2062	2	30
32.	Lemari Asam	12	400

33.	Mesin Scanning	3	30
34.	PC-Based UV Gel Documentation System	3	90
35.	Ultrasonic Cleaner	2	50
36.	Power Supply (Alat Laboratorium Fisika)	3	300
37.	Signal Generator (Alat Laboratorium Fisika)	8	100
38.	Macnetic Stiner	32	57
39.	Freezer -20C	1	200
40.	Power Supply (Alat Laboratorium Immunologi)	1	300
41.	Shaking Waterbath - WNB14 B02643 Memmert	1	1800
42.	Universal Oven - UNB 400	2	1400
43.	Analytical Balance Electric	10	15
44.	Hot Plate (Alat Laboratorium Kimia)	10	460
45.	Air Compressor - Krisbow KW13-05	1	650
46.	Heating Mantle (Alat Laboratorium Lainnya)	19	760
47.	DC / AC Power Supply	1	300
48.	Elektrotherma IA-9100	2	45
49.	Drying Oven	2	1000
50.	Hack Sawing Machine	1	1000
51.	Alat Penyaring - R.O. CCK type 50 GPD	2	28,80
52.	High Temperatur Furnace Contour - Carbolite RHF 16/3	1	4000
53.	Water Still Boeco	1	3000
54.	Cutting Machine - Struers	1	4700
55.	Cutting machine - Sticker Cutting	1	40
56.	Hot Plate Stirrer - Thermo Scientific	1	800
57.	Hot Plate Stirrer - Cimarec	3	460
58.	Digital & Analog Oscilloscope	34	800
59.	Bomb Calorimeter	6	1800
60.	Fumehood - ESCO EFD-5B1	6	60
61.	Magnectic Stirer	1	150
62.	Microwave Oven	7	1000
63.	Muffle Furnace - Muffle Furnace Volatile Mat	2	1050
64.	Multi Function Balance	1	11
65.	Precision endmill grinder	1	746

66.	Oscilloscope - GDS 1102 GW Instex	12	800
67.	Oscilloscope - Atten AT7328	2	800
68.	Oscilloscope - Aditeg	1	800
69.	Oscilloscope - SIGLENT-SDS1102CML	1	800
70.	Electric heater omega one piece mica insulated	10	2000
71.	Grinding Machine - Struers Labopol-5	1	320
72.	Moulding Machine	3	4000
73.	Digital Spectrum Analyzer	3	
74.	Shining 3d CD1000DP	1	50
75.	Cnc - Lathe	4	1000
76.	Milling Machine	2	1000
77.	Milling Machine - Vertex VEG-13A	1	450
78.	HAAS Factory Vertical Marchining Center VF 3	1	22000
79.	Puch Electrode Shaping Machine - B635A 120kg, 1,5kw	1	1500
80.	LATHE MACHINE "Krisbow"	2	1500
81.	Salamander ARC 250 1 PH	3	55000
82.	Caldwell ARC 160	3	35000
83.	Caldwell ARC 250 3PH	2	55000
84.	Caldwell 200P AC/DC	2	1300
85.	Caldwell 315P AC/DV	1	1300
86.	Exhaust Fan (Alat Laboratorium Proses Pengolahan)	13	16
87.	Sigmatic SKT300	1	300
88.	Mesin Vacuum Trockner Dryne - Sanyo BSC-WDB 801	1	480
89.	Mesin PCB	4	3500
90.	Mesin winding - YIBO YQ 250C 250CM	1	1500
91.	Digital & Analog Oscilloscope	29	400
92.	Water Bath (Alat Laboratorium Tekanan Dan Suhu) - Memmert	2	1800
93.	Autoclave Stainless	2	2000
94.	Panasonic EHND11AW	1	400
95.	Philips HP-4940	1	1600
96.	Ice maker - Tomori	1	420
97.	Welch 2 Model 2522C-02	1	93
98.	Water Bath (Alat Laboratorium Umum)	1	1200

99.	Alat pengangkat - Chain Hoist Estco PA	1	1800
100.	Frequency Inverter	1	750
101.	Frequency Inverter-VDC to 220 Vac	1	45
102.	Frequency Inverter-Mean well Power Inverter	1	150
103.	Air Compresor	10	700
104.	Dynamo Electric	4	400
105.	Genset 200 KVA Perkins	1	160000
106.	Genset 135 KVA Perkins	3	100000
107.	Electronic Microbalance - Stanford R QCM-200	1	15
108.	Hot plate - CIMAREC II	1	1200
109.	Kompur Listrik (Alat Lab)	3	1800
110.	Magnectic Stirer	1	120
111.	Shaking Water Bath- GFL Germany 1086	1	1500
112.	Welding machine - EX LAKONI Type105 RD3	1	450
113.	Welding machine - Jasic ARC 200B-V-Mos	1	550
114.	Nano pure - Malvern Instr zen 3600	1	80
115.	Stavolt	3	600
116.	Stavolt - Matsugawa	1	5000
117.	Ultrasonic Bath - Elma S60/H	1	550
118.	Genset - DEUTZ UCI 274 E SILENT TYPE	1	120000
119.	DC Power Supply	42	138
120.	GWINSTEK AFG2005	2	1000
121.	Oscilloscope	18	800
122.	Mesin Gerinda Tangan	13	400
123.	Compressor	11	700
124.	Mesin Bor Tangan	5	800
125.	Mesin bor	4	800
126.	Oscilloscope	20	800
127.	Hacksawing Machine	2	370
128.	Marking Plate; 3D Meas & Mark Out Machine - Wanhao D6	1	300
129.	Cross Cutting Circular Saw	1	1800
130.	Cut Off Saw	3	2000
131.	Mesin CNC	11	300
132.	Mesin Bor Listrik Tangan	18	425
133.	Mesin Blower Listrik - Hitachi Type Z-2000	1	300
134.	Genset	1	4000

135.	Mesin Pemotong Fiberglas/Poliyster	9	2200
136.	Mesin Milling	6	1500
137.	Mesin Laser Welding	1	4000
138.	Mesin Laser Cutting	1	4000
139.	Mesin Gerinda Duduk (Bench Gerinda)	3	370
140.	Mesin Gerinda tangan Listrik	4	400
141.	Mesin Las Listrik	32	900
142.	Mesin Potong plat bentuk / hand nimbler	2	620
143.	Mesin Folding	1	500
144.	Mesin Gerinda	10	500
145.	Mesin Kompresor	8	700
146.	Valve Sensor	11	2,10
147.	Mesin Bubut	6	2000
148.	Mesin Frais	1	2200
149.	Mesin Gergaji Logam	3	670
	Total	735	620014,1

Tabel 4.3. Daftar Peralatan Lab di ITS

Untuk peralatan lab data yang diambil dari 2005 karena diasumsikan bahwa peralatan lab terus bertambah karena kebutuhan praktikum dan peralatan lab juga sering dipakai diluar jadwal praktikum untuk kebutuhan penelitian yang berhubungan dengan tugas akhir.

Jumlah AC	Daya Listrik
2589	3661777,00

Tabel 4.4. Daftar AC di ITS

Untuk menentukan jumlah AC yang mendekati jumlah sebenarnya yang ada di ITS maka diambil sampel dari Jurusan Sistem Informasi. Di Jurusan Sistem Informasi terdapat sekitar 79 unit AC. Jika jumlah AC di Sistem Informasi dibandingkan dengan data excel inventaris maka diperoleh bahwa jumlah unit AC di Sistem Informasi sama dengan jumlah data excel inventaris AC Sistem Informasi dari tahun 2004 – 2016. Oleh karena itu diasumsikan bahwa AC yang masih digunakan oleh ITS adalah dari tahun 2004 – 2016 yang berjumlah 2638 unit. Dari data excel inventaris ditemukan bahwa daya pk AC yang terpakai di ITS berbeda – beda yaitu dari 3/ pk sampai 5 pk.

Jumlah Printer dan Scanner	Daya Listrik
2017	44587,12

Tabel 4.5. Daftar Printer dan Scanner di ITS

Untuk menentukan jumlah printer dan scanner yang dimiliki oleh ITS maka diambil sampel dari Jurusan Sistem Informasi. Pada data excel inventaris ditemukan bahwa jumlah scanner di Jurusan Sistem Informasi adalah 2 buah dengan tahun pembelian 2006 dan 2014, printer berjumlah 19 buah dengan tahun pembelian dari 2007 – 20016 sehingga jumlah total printer dan scanner berdasarkan data excel inventaris adalah 21 buah. Jumlah ini dibandingkan dengan asumsi penempatan printer di ruangan Sistem Informasi yaitu masing – masing 1 buah printer berada di dalam 8 ruang lab ,1 ruang TU, 1 ruang diskusi S2 dan 15 ruang dosen sehingga jumlah asumsi printer di SI adalah 25 buah. Berdasarkan perbandingan ini maka data printer dan scanner dari excel inventaris diambil dari tahun 2005 – 2016 dengan jumlah 2017 buah.

No	Peralatan Rumah Tangga	Jumlah	Daya Listrik Total
1.	Mesin cuci	4	1345
2.	Teko listrik	6	4500
3.	Setrika	4	1300
4.	Coffee maker	5	4320
5.	Heater / pemanas air	9	9450
6.	Mini compo	3	210
7.	Radio	4	112
8.	Televisi	181	11936
9.	Pompa	94	19400
10.	Dispenser	209	85535
11.	Alat dapur	46	33005
12.	Exhause fan	66	3265
13.	Kipas angin	98	980
14.	Vacuum cleaner	42	33600
	Total	771	208958

Tabel 4.6. Daftar Peralatan Rumah Tangga di ITS

Kategori peralatan rumah tangga ditentukan berdasarkan kategori pada data excel inventaris yaitu alat rumah tangga lainnya (*home use*). Mesin cuci dimasukkan ke dalam referensi peralatan rumah tangga karena tahun pembeliannya

ada pada tahun 2010, 2012 dan 2014. Usia mesin cuci bisa bertahan sampai 10 tahun dengan pola pemakaian tidak setiap hari terutama jika digunakan di area kampus, selain itu masa garansi mesin cuci adalah sekitar 3 – 5 tahun sehingga peralatan dianggap masih digunakan sampai sekarang.

Data jumlah teko listrik yang diambil adalah dari tahun 2010 - 2016. Hal ini dikarenakan asumsi penggunaannya jarang, karena di departemen atau biro yang memiliki teko listrik juga memiliki dispenser yang bisa digunakan untuk memanaskan air untuk menyeduh kopi. Maka jumlah teko di ITS diasumsikan berjumlah 6 buah.

Data jumlah setrika yang diambil adalah 4 buah, hal ini dikarenakan peralatan setrika hanya ada di Fasilitas Umum, sehingga setrika berjumlah 4 buah.

Data jumlah coffee maker yang diambil adalah 5 buah. Data coffee maker yang diambil adalah dari tahun 2002 karena pada Teknik Kimia terdapat 2 buah coffee maker pada tahun 2002. Walaupun tahun pembeliannya melebihi 5 tahun akan tetapi coffee maker ini berukuran besar yang sering digunakan pada kegiatan – kegiatan tertentu. Jadi pemakaiannya diasumsikan tidak tiap hari atau hanya pada saat ada kegiatan besar saja yang diadakan hanya beberapa kali dalam setahun, sehingga peralatan coffee maker ini diasumsikan masih dalam kondisi baik dan masih bisa digunakan sampai sekarang.

Data mini compo yang diambil adalah dari tahun 2010. Pada data excel inventaris, mini compo tercatat di tahun 2004 dan 2005. Akan tetapi diasumsikan sudah tidak terpakai karena memiliki model yang sudah ketinggalan jaman. Sehingga jumlah mini compo adalah 3 buah.

Data televisi yang diambil adalah dari tahun 2010. Data televisi pada tahun sebelumnya tidak diambil karena memiliki model sudah ketinggalan jaman sehingga dianggap sudah tidak digunakan lagi. Selain itu jika data diambil sebelum tahun 2010 maka kebutuhan televisi dianggap berlebihan. Contohnya pada Biro Keuangan dan Sarana Prasarana terdapat 19 buah televisi dari tahun 2004 – 2016. Oleh karena itu, jumlah televisi di ITS diasumsikan berjumlah 181 buah.

Data pompa air yang diambil adalah dari tahun 2005. Tolak ukur yang digunakan adalah Jurusan Sistem Informasi menggunakan 4 buah pompa air yang tercatat pada tahun 2010 – 2016. Oleh karena itu diasumsikan tiap departemen atau gedung di ITS menggunakan lebih dari 1 pompa air. Pada Fakultas Teknologi Kelautan tercatat memiliki 4 buah pompa air dan semuanya tercatat pada tahun 2005. Oleh karena itu jumlah pompa air di ITS diasumsikan berjumlah 94 buah.

Data dispenser yang diambil adalah dari tahun 2007. Tolak ukurnya adalah LPPM ITS memiliki data dispenser yang tercatat mulai dari tahun 2007-2015 dengan jumlah dispenser 18 buah. LPPM ITS berlokasi di Gedung Riset Center yang berlantai 11. Oleh karena itu jumlah dispenser di ITS diasumsikan berjumlah 209 buah.

Data exhaust fan yang diambil adalah dari tahun 2010. Hal ini dikarenakan umumnya pemakaian exhaust fan adalah untuk lab. Sehingga jumlah exhaust fan yang terpakai adalah 66 buah.

Data kipas angin yang diambil adalah dari tahun 2014. Hal ini dikarenakan rata – rata seluruh ruangan di ITS sudah menggunakan AC. Pada data excel inventaris masih tercatat pembelian kipas angin pada tahun 2016. Sehingga jumlah exhaust fan yang terpakai adalah 98 buah.

No	Peralatan 24 Jam	Jumlah	Daya Listrik Total
1.	CCTV	373	6742
2.	Smoke detector	177	70,80
3.	Kulkas	117	6055
4.	Reach in chiller	1	630
5.	Up right chiller / freezer	2	380
6.	Stabilisator	55	22320
7.	Unit power supply	62	28955
8.	Wireless	170	787,50
9.	Finger print attendance	17	49
10.	Mainframe (komputer jaringan)	13	2565
11.	Hub	187	9852
12.	Access point	118	2140
13.	Router	115	977,50
14.	Server	95	54330
15.	Switch	51	1428

16.	Monitor mainframe	10	180
17.	CPU peralatan mainframe	9	1440
18.	Line printer	1	0,40
19.	Plotter (peralatan mainframe)	3	413
20.	Serial printer (peralatan mainframe)	10	1067
21.	Auto switch / data switch	63	3780
22.	UPS	264	254260
23.	Alat sidik jari	66	6600
	Total	1979	405022,2

Tabel 4.7. Daftar Peralatan 24 Jam di ITS

Untuk peralatan 24 jam diambil dari tahun 2010 karena asumsi untuk peralatan seperti server rata – rata pemakaian 10 tahun. Komputer mainframe tercatat dari tahun 2014 – 2016.

No	Peralatan Kantor	Jumlah	Daya Listrik Total
1.	LCD	827	1827114
2.	Mesin laminating	22	13640
3.	Facsimile	40	560
4.	Mesin fotocopy	48	50169
5.	Risograf	4	3300
6.	Amplifier	20	4281
7.	Mesin ketik elektronik	29	1680
8.	Mesin barcode	14	13,46
9.	Mesin cetak elektronik	6	2400
10.	Mesin pembuat ID Card	3	240
11.	Alat detector uang palsu	6	72
12.	Alat penghancur kertas	38	5790
	Total	1057	1909259,46

Tabel 4.8. Daftar Peralatan Kantor di ITS

Untuk peralatan kantor data yang diambil adalah dari tahun 2010. Hal ini dikarenakan kebaruan mesin dibandingkan data dari tahun 2010. Sehingga diasumsikan peralatan sebelum tahun 2010 sudah tidak digunakan lagi.

No	Peralatan Komputer	Jumlah	Daya listrik total
1.	Mini computer	35	1542,59
2.	PC Workstation	18	7460
3.	Speaker computer	27	1040
4.	LCD Monitor	332	5748

5.	Laptop	118	7407,51
6.	Notebook	661	23829
7.	PC Unit	3404	794116,70
8.	Ultra mobile PC	41	2665
	Total	4636	843808,8

Tabel 4.9. Daftar Komputer di ITS

Untuk peralatan komputer data yang diambil adalah dari tahun 2005. Diasumsikan karena jumlah komputer di Jurusan Sistem Informasi adalah 24 buah. Sehingga jika 39 departemen memiliki komputer maka ada sekitar 936 komputer yang dibutuhkan.

No	Peralatan Studio Film dan Audio	Jumlah	Daya Listrik Total
1.	Power supply (peralatan studio video dan film)	13	2180
2.	Peralatan studio audio	34	11858
3.	Modulation monitor speaker kabaret	21	10060
4.	Sound system	40	1400
5.	Power amplifier	10	6005
6.	Amplifier	44	5541
7.	Equalizer	9	131
8.	Loudspeaker	200	54070
9.	Video monitor	4	180
10.	Yamaha : motif xs 8	1	30
11.	Mixer E1222FX	1	1200
12.	Effect GX AD220	1	1000
13.	Yamaha S-770	1	19
14.	Video tape recorder	6	370
	Total	385	94044

Tabel 4.10. Daftar Peralatan Studio Film dan Audio di ITS

Equalizer adalah peralatan audio yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan range level suara (dB) pada frekuensi tertentu. Equalizer umumnya digunakan pada kegiatan yang membutuhkan audio seperti seminar atau event tahunan sehingga pemakaiannya sangat jarang. Berdasarkan asumsi tersebut maka data equalizer yang diambil adalah dari tahun 2002. Hal ini karena pada Departemen Teknik Fisika terdapat terdapat 1 buah equalizer pada tahun 2002. Karena pemakaian equalizer hanya pada saat event tertentu dan tidak terdapat

pembelian equalizer pada tahun – tahun berikutnya maka diasumsikan masih dalam kondisi baik dan masih bisa digunakan sampai sekarang. Oleh karena itu maka jumlah equalizer di ITS diasumsikan berjumlah 9 buah.

Data jumlah loudspeaker yang diambil pada excel inventaris adalah dari tahun 2004– 2016. Hal ini dikarenakan penggunaan loudspeaker hanya pada saat event tertentu sehingga pemakaiannya sangat jarang maka diasumsikan masih dalam kondisi baik dan masih bisa digunakan sampai sekarang. Loudspeaker tahun 2004 terdapat pada Biro Keuangan. Pada Biro Keuangan dan Sarana Prasana pembelian inventaris loudspeaker terdapat di tahun 2002-2006 dengan jumlah pembelian di tahun 2002 adalah 10 buah. Pada tahun 2004 -2006 terdapat pembelian 7 buah loudspeaker di Biro Keuangan dan Sarana Prasana sehingga diasumsikan untuk mengganti loudspeaker pada tahun 2002. Selain itu, terdapat beberapa jenis loudspeaker yang digunakan adalah loudspeaker gantung yang penggunaannya juga sangat jarang hanya untuk menyampaikan pengumuman atau memutar musik dengan volume rendah seperti di UPT Perpustakaan. Sehingga jumlah loudspeaker di ITS diasumsikan sejumlah 200 buah.

Data sound system yang diambil adalah dari tahun 2010. Asumsi ini dikarenakan teknologi dari sound system sebelum tahun 2010 yang sudah ketinggalan jaman sehingga dianggap sudah tidak digunakan lagi. Sehingga jumlah sound system adalah 40 buah.

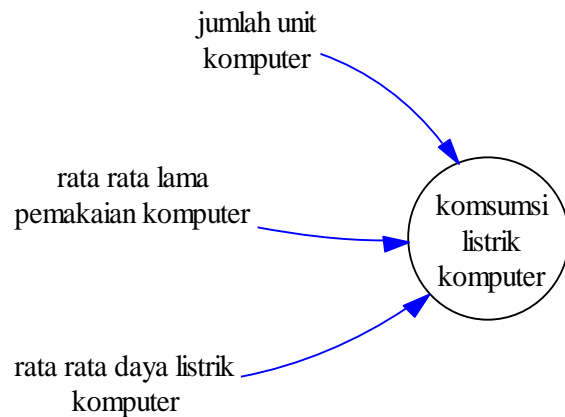
No	Jenis Lampu	Jumlah Lampu	Daya per lampu (Watt)	Total Daya (Watt)
1.	Lampu ruangan	14592	40	583680
2.	Lampu luar ruangan	5808	20	116160
	Total	20400		699840

Tabel 4.11. Daftar Lampu di ITS

Data lampu di ITS diambil sampel dari Jurusan Sistem Informasi dengan jumlah lampu ruangan 304 buah dan lampu luar ruangan 121 buah. Jumlah ini dikalikan sebanyak 46 yaitu 39 departemen, gedung rektorat, gedung biro, gedung LPPM, gedung robotika, perpustakaan, gedung SAC, UPT Bahasa dan Budaya.

4.3. Stock and Flow Diagram

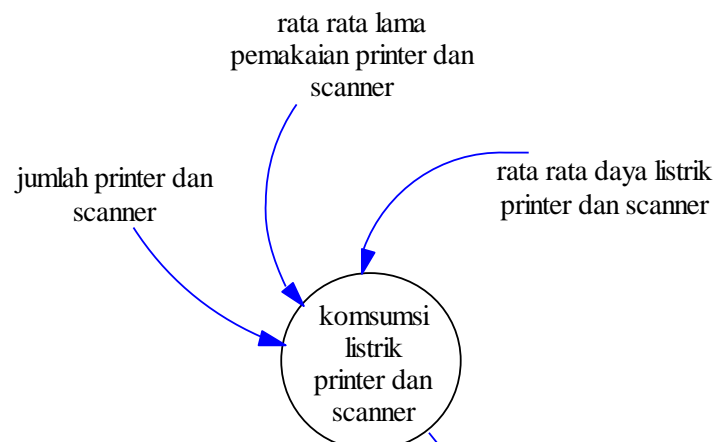
Berdasarkan tabel – tabel peralatan diatas, maka disusunlah stock and flow diagram (sfd) dari data – data pada tabel peralatan agar dapat dilakukan simulasi.



Gambar 4.1. Model SFD Komsumsi listrik komputer

Pada gambar 4.1 model matematis untuk komsumsi listrik komputer adalah sebagai berikut :

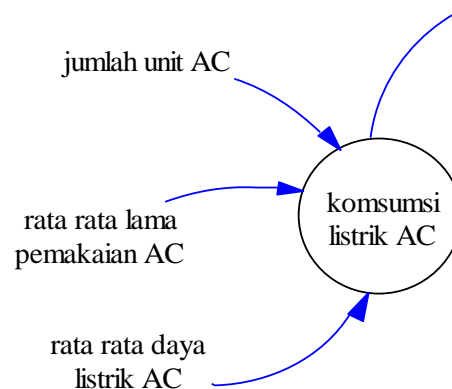
*Konsumsi listrik komputer = jumlah unit komputer * (rata rata daya listrik komputer (watt) /1000)*rata rata lama pemakaian komputer (jam) *22. Satuan : kWh/bulan.*



Gambar 4.2. Model SFD Komsumsi listrik printer dan scanner

Pada gambar 4.2 model matematis untuk komsumsi listrik printer dan scanner adalah sebagai berikut :

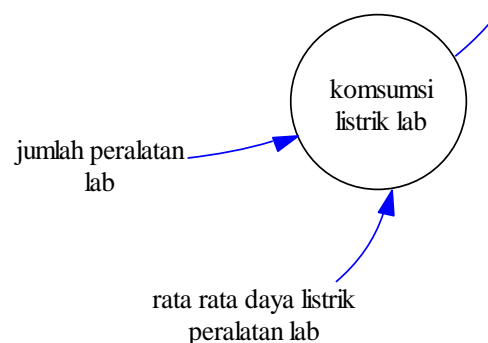
*Konsumsi listrik printer dan scanner = jumlah unit printer dan scanner *(rata rata daya listrik printer dan scanner (watt) /1000)*rata rata lama pemakaian printer dan scanner (jam) *22 hari/bulan. Satuan : kWh/bulan.*



Gambar 4.3. Model SFD Komsumsi listrik AC

Pada gambar 4.3 model matematis untuk komsumsi listrik AC adalah sebagai berikut :

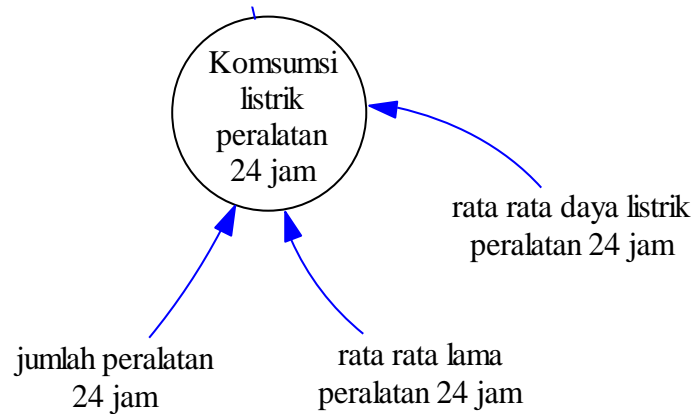
*Konsumsi listrik AC = jumlah unit AC *(rata rata daya listrik AC (watt) /1000) * rata rata lama pemakaian AC (jam) * 22 hari/bulan. Satuan : kWh/bulan.*



Gambar 4.4. Model SFD Komsumsi listrik lab

Pada gambar 4.4 model matematis untuk komsumsi listrik lab adalah sebagai berikut:

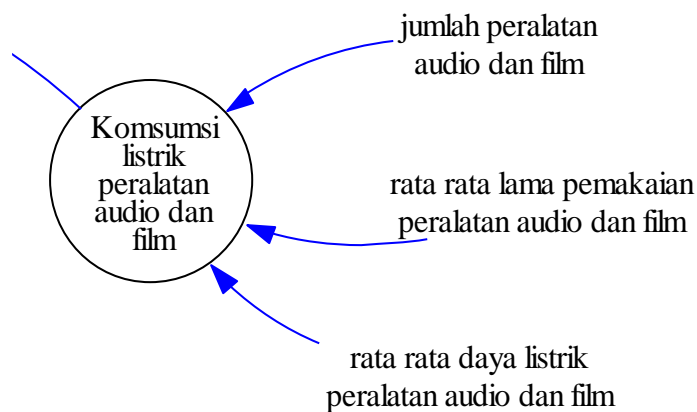
*Konsumsi listrik lab = jumlah peralatan lab * rata rata daya listrik peralatan lab (kWh). Satuan : kWh/bulan.*



Gambar 4.5. Model SFD Komsumsi listrik peralatan 24 jam

Pada gambar 4.5 model matematis untuk konsumsi listrik peralatan 24 jam adalah sebagai berikut :

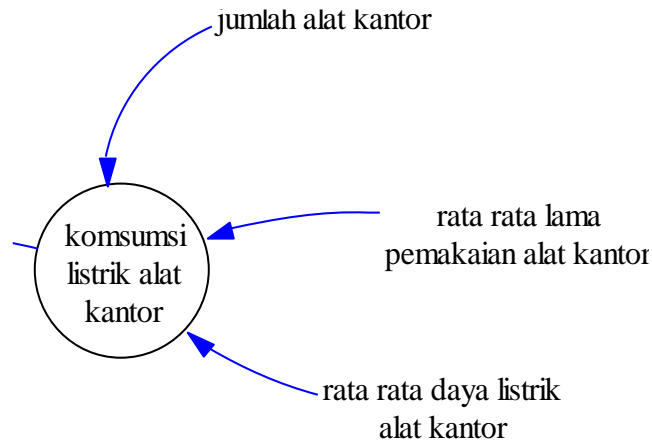
*Konsumsi listrik peralatan 24 jam = jumlah peralatan 24 jam * (rata rata daya listrik peralatan 24 jam (watt) / 1000) * rata rata lama peralatan 24 jam (jam) * 30 hari/bulan. Satuan : kWh/bulan.*



Gambar 4.6. Model SFD Komsumsi listrik peralatan audio dan film

Pada gambar 4.6 model matematis untuk konsumsi listrik peralatan audio dan film adalah sebagai berikut :

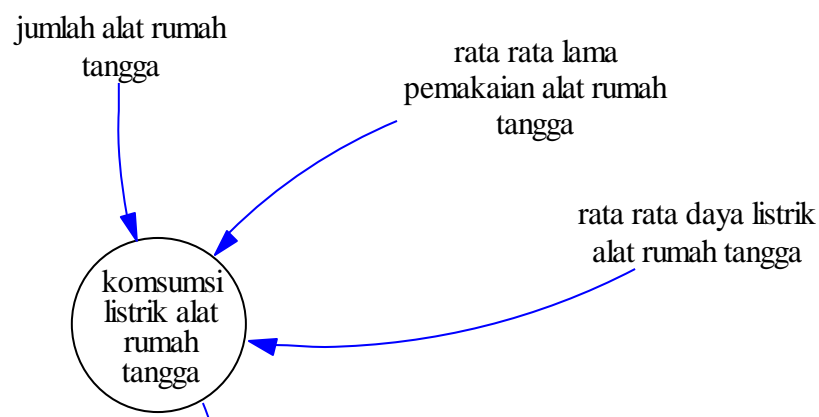
Konsumsi listrik peralatan audio dan film = jumlah peralatan audio dan film(rata rata daya listrik peralatan audio dan film (watt)/1000)*rata rata lama pemakaian peralatan audio dan film (jam) * 3 hari/bulan. Satuan : kWh/bulan.*



Gambar 4.7. Model SFD Komsumsi listrik alat kantor

Pada gambar 4.7 model matematis untuk konsumsi listrik alat kantor adalah sebagai berikut :

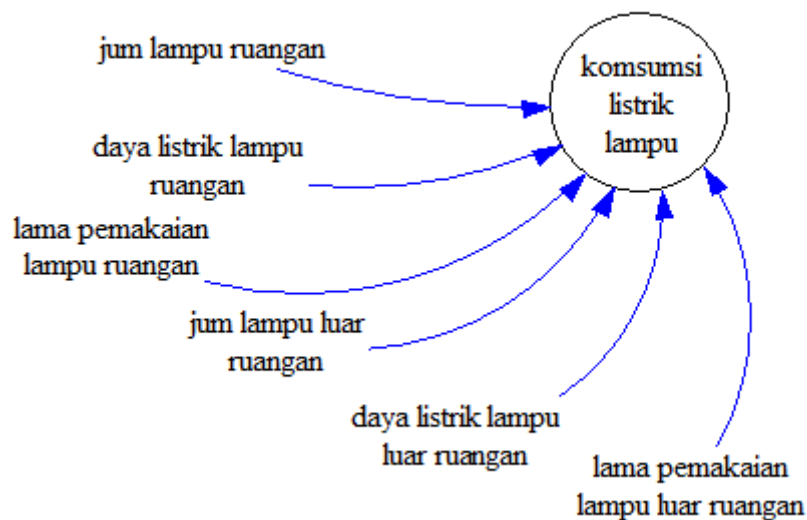
*Konsumsi listrik peralatan audio dan film = jumlah alat kantor *(rata rata daya listrik alat kantor (watt)/1000)* rata rata lama pemakaian alat kantor (jam) *22 hari/bulan. Satuan : kWh/bulan.*



Gambar 4.8. Model SFD Komsumsi listrik alat rumah tangga

Pada gambar 4.8 model matematis untuk komsumsi listrik alat rumah tangga adalah sebagai berikut :

*Konsumsi listrik alat rumah tangga = jumlah alat rumah tangga *(rata rata daya listrik alat rumah tangga (watt)/1000)* rata rata lama pemakaian alat rumah tangga (jam) *22 hari/bulan. Satuan : kWh/bulan.*



Gambar 4.9. Model SFD konsumsi listrik lampu

4.4. Validasi Model Stock and Flow Diagram

Validasi pada model simulasi bertujuan untuk mengetahui apakah model yang dibuat mendekati dunia nyata. Validasi pada model konsumsi listrik di ITS dilakukan untuk membandingkan hasil total konsumsi listrik yang diperoleh dari data simulasi dengan data total konsumsi listrik di ITS pada tahun 2016. Ada dua macam proses validasi, yaitu perbandingan rata-rata (*Means Comparison*) dan perbandingan variasi amplitud (*Amplitude Variations Comparison*). Untuk memperoleh data simulasi, maka model simulasi perlu dijalankan terlebih dahulu.

Tahun 2015	Total (kWh)
Januari	4761500
Februari	3900200
Maret	3938900
April	4981400
Mei	4877100
Juni	4872400
Juli	3894500
Agustus	2653200
September	3157200
Oktober	2612600
November	2893100
Desember	3704100
Nilai rata - rata	3853850

Tabel 4.12. Total Konsumsi Listrik ITS tahun 2015

Bulan	Total Daya Listrik (kWh)
1	3575069,25
2	4568415,50
3	3092676,00
4	3610564,50
5	5541908,50
6	5033253,00
7	3639707,50
8	3494806,50
9	1831316,13
10	3112763,50
11	3265423,25
12	5459460,00
Rata-rata	3852113,64

Tabel 4.13. Total Konsumsi Listrik ITS Hasil Simulasi

Uji validasi yang perlu dilakukan yaitu :

1. Perbandingan rata-rata (*Means Comparison*)

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{|\bar{A}|}$$

Keterangan :

\bar{S} = nilai rata-rata hasil simulasi

\bar{A} = nilai rata-rata data

$E1$ = Error rate

Sehingga :

$$\bar{S} = 3852113,64$$

$$\bar{A} = 3853850$$

$$E1 = |3852113,64 - 3853850| / |3853850| = 0,00045$$

Maka model konsumsi listrik dinyatakan valid, karena memiliki $E1 \leq 5\%$.

2. Perbandingan variasi amplitude (*Amplitude Variations Comparison*)

$$E_2 = \frac{|S_s - S_a|}{S_a}$$

Dimana:

S_s = Standar deviasi Model

S_a = Standar Deviasi Data

Model tersebut dikatakan valid, apabila $E2 \leq 30\%$

$$S_s = 1095704,184$$

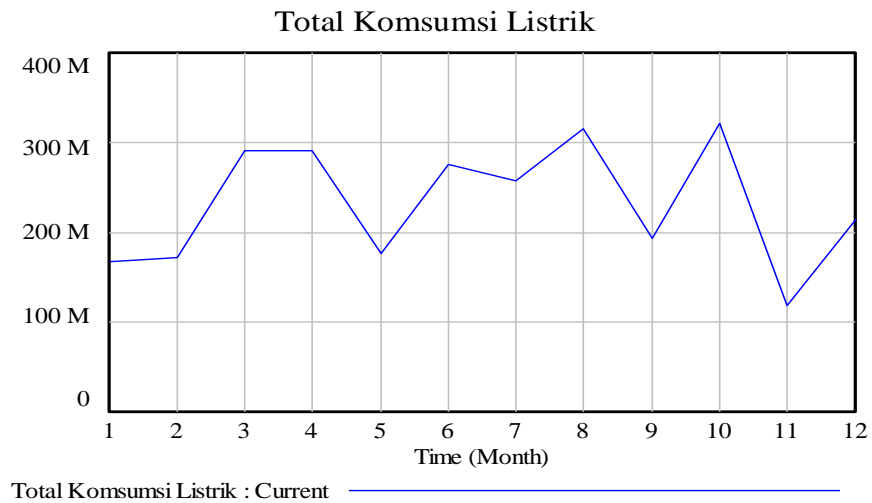
$$S_a = 884398,3713$$

$$\begin{aligned} E2 &= |1095704,184 - 884398,3713| / |884398,3713| \\ &= 0.23 \end{aligned}$$

Maka model konsumsi listrik valid, karena $E2 \leq 30\%$.

4.5. Skenario Simulasi

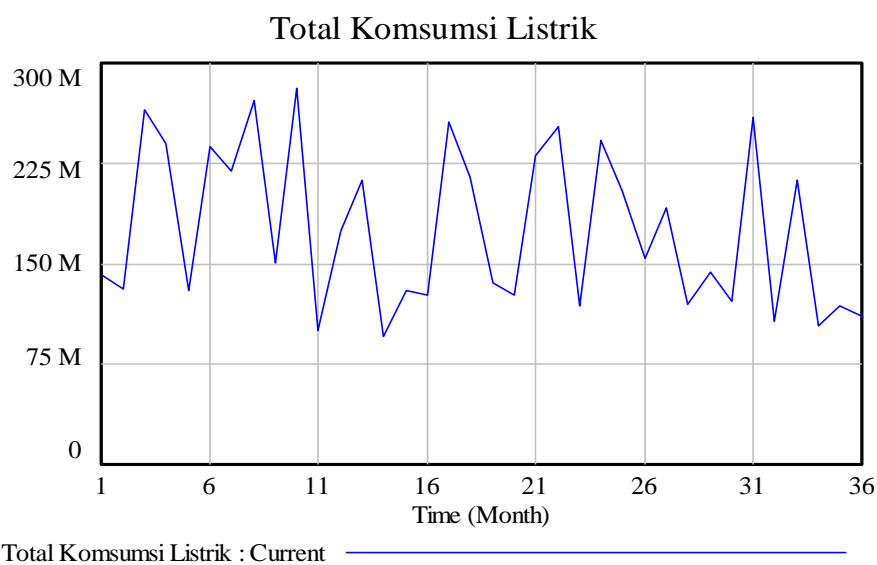
Skenario yang dapat diusulkan pada simulasi ini untuk melakukan penghematan energi listrik di ITS yaitu dengan mengurangi pemakaian peralatan pada jam istirahat dan setelah aktivitas perkantoran dan perkuliahan selesai yaitu pada pukul 17:00. Gambar 4.11 adalah base model sebelum dilakukan simulasi.



Gambar 4.10. Base model konsumsi listrik di ITS

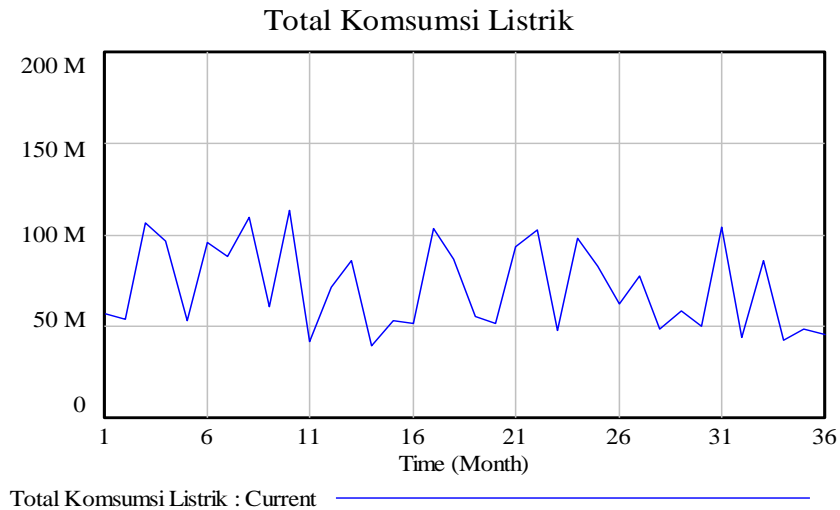
- Skenario 1 : pengurangan pemakaian peralatan pada jam istirahat.
Skenario yang dilakukan adalah dengan mengurangi jumlah peralatan yang menyala pada jam istirahat selama 1 jam. Pada jam istirahat tidak semua peralatan dimatikan dengan asumsi bahwa ada karyawan yang menggunakan ruangan tertentu sebagai tempat untuk makan siang dan mahasiswa yang sedang menggunakan lab sehingga tidak semua peralatan dimatikan. Asumsi pengurangan pemakaian AC adalah sebagai berikut :
 - * AC yang dinyalakan sebanyak 500 unit. Jumlah lab di ITS sekitar 180 sehingga asumsi ada 2 unit AC yang menyala, 20 AC menyala di rektorat (ruang dekan berjumlah 10 masing – masing 2 buah AC yang masih menyala), 16 AC menyala di ruang direktorat(direktorat berjumlah 8 masing – masing 2 buah AC yang masih menyala), 78 AC menyala di seluruh jurusan (departemen berjumlah 39 masing – masing 2 buah AC yang masih menyala).
 - * Komputer yang masih menyala sebanyak 180 dengan asumsi komputer yang masih menyala hanyalah komputer di lab.

- * Printer dan scanner yang menyala sebanyak 180 unit dengan asumsi komputer yang masih menyala hanyalah komputer di lab
- * Peralatan rumah tangga dan peralatan kantor semua dimatikan
- * Lampu dalam ruangan tetap menyala. Lampu yang digunakan adalah lampu neon dengan daya 40 Watt. Hasil skenario ini dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11. Skenario 1 : pengurangan pemakaian peralatan pada jam istirahat

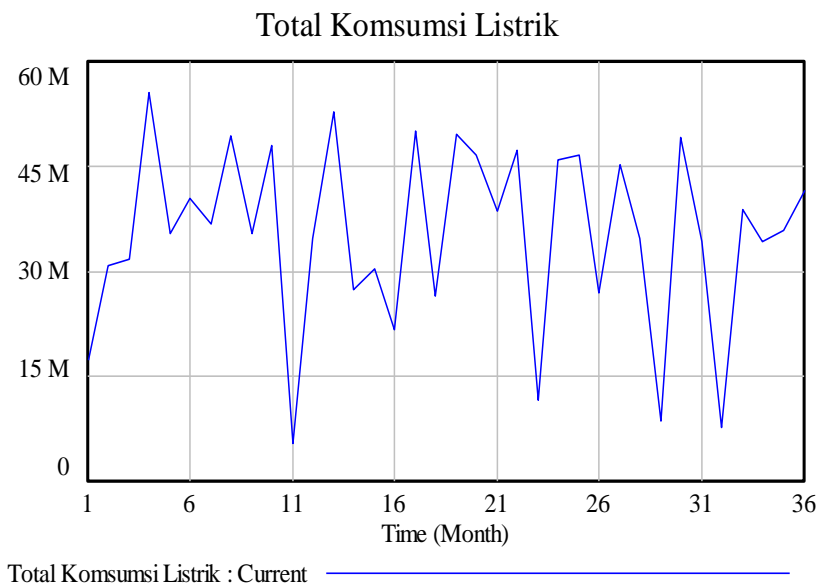
- Skenario 2 : pengurangan pemakaian peralatan pada jam istirahat tetapi lampu yang digunakan adalah lampu neon LED dengan daya 16 Watt. Hasil skenario 2 dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12. Skenario 2: pengurangan pemakaian peralatan pada jam istirahat dengan penggunaan lampu ruangan LED 16 Watt

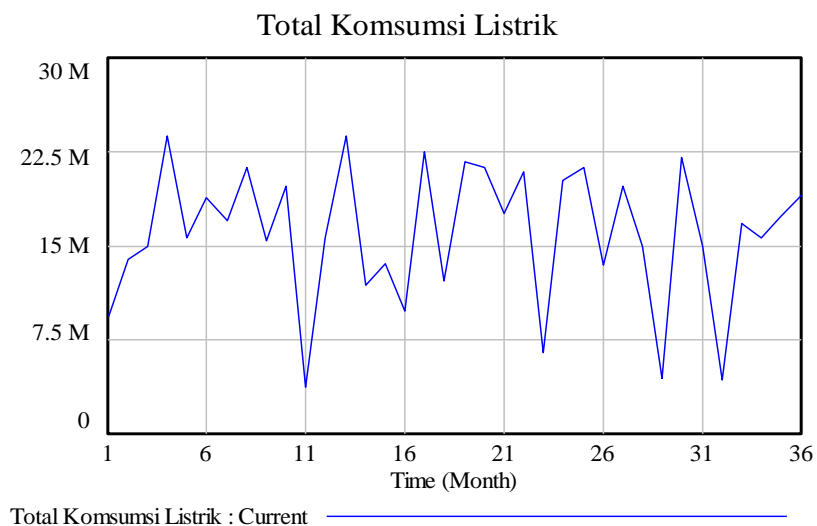
- Skenario 3 : kabel peralatan listrik tidak terpasang pada stop kontak pada malam hari (setelah jam kerja).

Peralatan listrik sebenarnya masih menarik arus listrik walaupun dalam kondisi off atau sudah dimatikan yaitu sekitar 0,5 Watt untuk 1 peralatan. Oleh karena itu dilakukan skenario jika kabel peralatan listrik tidak terpasang pada stop kontak setelah jam kerja dan perkuliahan. Asumsi yang diberikan untuk menjalankan skenario ini adalah : jumlah AC yang menyala berjumlah 360 unit, jumlah komputer yang menyala setelah jam kerja adalah 360 unit yaitu jumlah komputer di lab, 180 unit printer dan scanner yang menyala, peralatan rumah tangga mati total, peralatan kantor dan peralatan studio semuanya mati total, jumlah lampu ruangan yang menyala berjumlah 2160 (asumsi ada 12 lampu dalam 1 lab) dan lampu luar ruangan semuanya menyala. Lampu yang digunakan adalah 40 W untuk dalam ruangan dan 16 W untuk luar ruangan. Hasil skenario ini dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13. Skenario 3 : kabel peralatan listrik tidak terpasang pada stop kontak pada malam hari

- Skenario 4 : kabel peralatan listrik tidak terpasang pada stop kontak pada malam hari dan lampu yang menyala pada malam hari adalah lampu LED 16 W untuk ruangan dan 8 W untuk luar ruangan. Hasil skenario ini dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14. Skenario 4 : kabel peralatan listrik tidak terpasang pada stop kontak pada malam hari dan penggunaan lampu LED

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu usaha apa saja yang dapat dilakukan untuk melakukan konservasi atau penghematan energi listrik dengan studi kasus di ITS. Akan tetapi penelitian terkendala dengan data yang hanya terbatas pada informasi tagihan listrik ITS yang bersifat terpusat dan data inventaris di ITS. Sehingga tidak diketahui berapa besar daya listrik yang digunakan di masing – masing gedung di ITS. Kendala lainnya yaitu data inventaris yang diperoleh hanya berupa pencatatan barang – barang yang dimiliki di ITS dan tidak ada data mengenai daya listrik dari peralatan listrik yang ada di ITS. Sehingga untuk proses simulasi, data daya listrik yang diperlukan harus dihitung tiap – tiap data. Sehingga variabel yang digunakan pada proses simulasi hanya pada penggunaan peralatan listrik saja karena tidak terdapat data mengenai pola pemakaian peralatan listrik di ITS.

Dari hasil skenario simulasi pada bab 4, dapat disimpulkan usaha konservasi energi yang dapat dilakukan di ITS yaitu :

- Pada saat jam istirahat peralatan kebanyakan karyawan akan beristirahat selama 1 jam sehingga sebagian besar ruangan akan ditinggalkan selama 1 jam. Oleh karena itu peralatan seperti AC, komputer, printer dan scanner, peralatan rumah tangga, peralatan kantor, peralatan studio sebaiknya dimatikan total selama 1 jam. Para karyawan yang ingin menggunakan ruangan untuk istirahat makan siang, sebaiknya cukup menggunakan 1 ruangan saja sehingga AC tidak perlu menyala semuanya pada saat jam istirahat.
- Memutuskan arus listrik pada setiap peralatan yang sudah selesai digunakan pada malam hari. Peralatan listrik sebenarnya masih menarik arus listrik walaupun dalam kondisi off. Oleh karena itu,

jika jam kerja telah berakhir dan karyawan telah meninggalkan ruangan maka seluruh peralatan harus dilepas dari stop kontak. Akan tetapi akan sangat menyulitkan jika setiap peralatan harus dilepas dari stop kontak. Oleh karena itu, untuk memutuskan arus listrik pada peralatan yang masih terpasang pada stop kontak dengan mudah maka dapat diberikan solusi yaitu setiap peralatan perlu dipasang pada *power strip* yang memiliki tombol on/off untuk memutuskan arus. Solusi lainnya yaitu dengan penggunaan *smart plug* yaitu perangkat yang dapat menyalakan dan mematikan peralatan dari jarak jauh dan memiliki fitur untuk mengatur batas waktu pemakaian peralatan.

- Penggunaan lampu LED. Penggunaan lampu LED dapat membantu penghematan listrik di ITS. 1 lampu neon standard dengan daya 40 Watt dapat digantikan dengan 1 lampu neon LED dengan daya 16 Watt yang memiliki daya penerangan yang sama dengan lampu neon standard berdaya 40 Watt.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan melalui penelitian ini adalah :

- Untuk mengatasi perilaku pengguna yang sering lalai atau lupa mematikan peralatan pada saat meninggalkan ruangan, dapat dilakukan dengan *monitoring* pemakaian listrik. *Monitoring* dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi *smart plug* yaitu perangkat yang dapat menyalakan dan mematikan peralatan dari jarak jauh dan memiliki fitur untuk mengatur batas waktu pemakaian peralatan.
- Penelitian ini masih memiliki cakupan yang cukup luas. Penelitian di area ini dapat dipersempit lagi dengan mengambil ruang lingkup satu jurusan.
- Pendataan secara berkala terhadap peralatan listrik yang masih digunakan pada tiap gedung sehingga penelitian mengenai pemakaian energi listrik di ITS dapat dilakukan dengan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshuwaikhat, H. M., & Abubakar, I. (2008). An Integrated Approach To Achieving Campus Sustainability : Assessment Of The Current Campus Environmental Management Practices. *Journal of Cleaner Production*.
- Barbara Pernici, e. a. (n.d.). What IS Can Do For Environmental Sustainability. A *Report from the CAiSE'11 Panel on Green and Sustainable IS*.
- Chun, S., Okita, Y., & Tachibana, S. (2009). Energy Conservation System For Distribution Outlets. *OKI Technical Review*.
- Edward Curry, e. a. (2012). Developing A Sustainable IT Capability : Lessons From Intel's Journey. *MIS Quarterly Executive Vol. 11 No. 2*.
- Emekaroha, A., An, C. S., Yan, Y., & Hopthrow, T. (2014). Integrating persuasive technology with energy delegates for energy conservation and carbon emission reduction in a university campus. *Elsevier*, 357-374.
- Energi, D. J. (2010). *Program Konservasi Energi*. Bandung: Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Energi, D. K. (n.d.). *Konservasi Energi*. Retrieved from EBTKE Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi: <http://lintas.ebtke.esdm.go.id/konservasi-energi/id/masyarakat-umum/view/4/31-deskripsi>
- Faghihi, V., Hessami, A. R., & Ford, D. N. (2015). Sustainable Campus Improvement Program Design Using Energy Efficiency and Conservation. *Journal of Cleaner Production* 107, 400-409.
- Feybi Ariani Goni, e. a. (2013). Aligning an Information System Strategy with Sustainability Strategy towards Sustainable Campus. *3 rd International Conference on Research and Innovation in Information Systems – 2013 (ICRIIS'13)*.
- Global Greenhouse Gas Emissions Data*. (n.d.). Retrieved from United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- Melville, N. P. (March 2010). Information Systems Innovation For Environmental Sustainability. *MIS Quarterly*, 1-21.
- Mtutu, P., & Thondhlana, G. (2016). Encouraging pro-environmental behaviour: Energy use and recycling at Rhodes University, South Africa. *Elsevier*, 142-150.

- PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL*. (n.d.). Retrieved from Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral: <http://jdih.esdm.go.id/view/download.php?page=peraturan&id=1561>
- Redaksi ITS. (2017, January 01). *ITS MASUK 50 BESAR KAMPUS TERHIJAU DUNIA*. Retrieved from ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember: <https://www.its.ac.id/berita/101283/en>
- Redaksi ITS. (2017, April 11). *REKTOR ITS BICARA SMART ECO CAMPUS DI TURKI*. Retrieved from ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember: <https://www.its.ac.id/berita/101697/en>
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics : System Thinking And Modeling For A Complex World*. Mc Graw-Hill.
- Sterman, J. D. (2001). System Dynamics Modeling : Tools For Learning In A Complex World. *California Management Review Vol. 43 No. 4*.
- The Climate Group. (2008). *SMART 2020: Enabling the Low Carbon Economy in the Information Age*. The Climate Group.
- Watson, R. T., Boudreau, M.-C., & Chen, A. J. (2010). Information Systems and Environmentally Sustainable Development : Energy Informatics and New Directions for the IS Community. *MIS Quarterly*, 23-38.